

جامعة اليرموك

كلية الآثار والأنثروبولوجيا

قسم صيانة المصادر التراثية وإدارتها

معالجة الأخشاب بإستخدام المواد الطبيعية

تطبيقاً على العناصرالمعمارية الخشبية في أحد المباني التراثية في قرية سحم

Wood Treatment by Using Natural Resins

In a heritage Buildings in the Village of Sahem

إعداد الطالبة

حنان علي الخزاعلة

إشراف الأستاذ الدكتور

حسين محمد علي إبراهيم

الدكتور واصف السخاينة

2014

معالجة الأخشاب بإستخدام المواد الطبيعية

تطبيقاً على العناصر المعمارية الخشبية في أحد المباني التراثية في قرية سحم

Wood Treatment by Using Natural Resins

In a heritage Buildings in the Village of Sahem

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير في صيانة التراث الحضاري في جامعة اليرموك

إعداد الطالبة

حنان علي الخزاعلة

بكالوريوس صيانة مصادر تراثية وإدارتها/ جامعة اليرموك 2010

لجنة المناقشة

الأستاذ الدكتور حسين محمد علي إبراهيم .... مشرفا رئيساً

الدكتور مصطفى النداف .... عضواً

الدكتور محمود عبد النبي .... عضواً

بسم الله الرحمن الرحيم

رب اشرح لي صدري*

ويسر لي أمري * وأحلل

عقدة من لساني يفقهوا

قولي.

صدق الله العظيم

سورة طه – الآية 25

الإهداء

إلى من أهدوني للحياة ووهبوا لي أعمارهم أمي وأبي،

إلى إخواني وأخواتي رفقاء العمر وأصدقاءه.

إلى أصدقائي ومؤنسي عمري الذين كانوا نعم الصاحب وخير ونيس.

إلى أساتذتي شموع العطاء في جامعتي العريقة أضاءوا بعلمهم طريقي .

شكر وتقدير

لا يسعنى إلا أن أتقدم بالشكر إلى الله عز وجل على أن وفقني في أن أتم هذه الدراسة، وبكل الإمتنان والشكر أتقدم بالشكر الوافر والتقدير العظيم لكل من أسهم في إنجاح هذا العمل وإخراجه على هذه الصورة وأخص بالشكر مشرفي الأستاذ الدكتور حسين محمد علي خير راعي لي، وأعضاء لجنة المناقشة الدكتور مصطفى النداف، الدكتور محمود عبد النبي، لموافقتهما على مناقشتي.

كما أتقدم بالشكر إلى الدكتور واصف سخاينة كمشرف مشارك في هذه الرسالة، وأتقدم أيضًا بالشكر إلى الدكتور أحمد عبد سليمان الطوالبة الذي سمح لي بالعمل في البيت التراثي.

وكذلك أتقدم بالشكروالتقديرإلى المهندس أيمن الهرش موظف في مختبر المواد في جامعة العلوم والتكنولوجيا على ما قدمه من تسهيل لعمل الإختبارات الميكانيكية التي أجريت على عينات الدراسة.

أيضاً أتقدم بالشكروالتقديرإلى كل من سناء خصاونة وموسى سربيل وموظفي المختبرات في كلية الآثارقسم صيانة المصادر التراثية على مساعدتهم لي في عمليات التحليل.

كما أتوجه بخالص شكري وإمتناني إلى كل من كان عوناً لي في إنجازها، ولن أنسى كل أصدقائي وصديقاتي على وقوفهم المعنوي، وأخص برسالتي شكر الزميلة مي فراس المدني.

الباحثة:

حنان علي الخزاعلة

الملخص بالعربية

الحفاظ على التراث الحضاري للأجيال القادمة هي إحدى أهم واجبات ومسؤوليات المجتمع، والمباني التراثية هي جزء من تراث هذه الأمة يجب صيانتها وحمايتها، ولأن العناصر الخشبية هي جزء أساسي في هذه المباني فلا بد من إجراء عملية علاج وصيانه لها والتي تعد من أهم الخطوات في الحفاظ عليها لأطول فترة ممكنه.

فجاءت هذه الدراسة لتلقي الضوء على علاج وصيانة العناصر الخشبية في المباني التراثية، فهدفت إلى دراسة العناصر الخشبية ومكوناتها ومظاهر تلفها لإجراء عملية العلاج لها، والتي تمثلت بتنظيف العناصر الخشبية موضوع الدراسة مما علق عليها من إتساخات وبقع ومواد مترسبه، أخفت معالمها وزخارفها الفنية سواء كان تنظيفاً ميكانيكياً باستخدام الأدوات أو تنظيف كيميائياً باستخدام المذيبات المختلفة وذلك في صورة كمادات.

وتم تطبيق هذه الدرسة على مبنى تراثي في منطقة سحم في لواء بني كنانة ، والذي احتوى على عناصرخشبية تمثلت بالأبواب والشبابيك، المملوكة للسيد الدكتور أحمد الطوالبة .

وهدفت الدراسة أيضاً إلى عمل استكمال للأجزاء المفقودة والمتهالكة من هذه العناصر، مع ملء الفراغات والفجوات الموجودة في الخشب، كما أجريت عملية تعقيم لهذه العناصر للتخلص من الحشرات والآفات الضارة فستخدم المبيد الحشري فوسفيد الأمونيوم في عملية التعقيم، وكذلك أجريت عملية التقوية للعناصر الخشبية لدعم وزيادة القوى الداخلية لبنية الخشب وتقوية الأجزاء المتهالكة في العناصر الخشبية للإبقاء عليها لأطول فترة ممكنة، وبعد الإنتهاء من عملية العلاج تم وضع طبقة عازلة تمثلت بتطبيق زيت بذر الكتان فوق سطح العناصرالخشبية لحمايتها من تغيرات البيئة المحيطة بها.

حبث تناولت الدراسة التجارب والإختبارات المعملية لمواد التنظيف المقترح استخدامها في عملية العلاج وذلك للوصول إلى أفضل مادة أثبتت فاعلية كبيرة في عملية التنظيف لتطبيقها على العناصر الخشبية في المبنى – موضوع الدراسة – ومن خلال النتائج التي تم التوصل إليها أن مادة داي ميثل فورماميد من أفضل مواد التنظيف في إزالة الدهانات والإتساخات عن سطح الخشب.

كما أنه تم عمل دراسة تجريبية تمثلت في إجراء تجارب معملية على نماذج تماثل العناصر الخشبية في المبنى التراثي وإجراء تقوية لها بمواد تقوية مختلفة لإختيار أفضل مادة حققت أفضل نتيجة، بعد إجراء الإختبارات الميكانيكية لهذه النماذج قبل وبعد إجراء عملية التقوية، فكانت النتيجة زيادة في قوة عينة الخشبة التي تم تقويتها بمحلول الشمع والقلفونية المذاب في تراي كلورو إثلين.

وتم إجراء دراسة تجريبية على العناصر الخشبية في المبنى التراثي تضمنت جميع مراحل العلاج من تنظيف واستكمال وتعقيم وتقوية، وقد اختتمت الدراسة بمجموعة من النتائج والتوصيات.

Abstract

Preservation of cultural heritage for future generations is one of the most important duties and responsibilities of the community.

Heritage buildings are part of the heritage of any nation so they should be conserved andprotected, and because the wooden elements are essential parts in these buildings they must have a process of treatment and maintenance .It is one of the most important steps in maintaining to keep them for the longest possible period.

this study is shedding light on the treatment and conservation of the wooden elements in heritage buildings, i.e. its aim is to study wood elements and components and manifestations of damage to define the process of their treatment, which was cleaned wooden elements subject of the study, which were the commented dirties , spots and precipitatedmaterials, concealed the features and decoration art, whether with cleaning mechanically using tools or cleaning chemically using different solvents in the form of compresses.

The results of this study were applied to one the heritage buildings in the area of Saham in BaniKinana Brigade, which was contained wooden elements such doors and windows, owned by Dr. Ahmed Tawalbeh.

The study aimed also to complete the missing and deteriorated parts of these elements, also filling in the blanks and holes in the wood.

A sterilization process had been conducted for these elements after having the results of the biological examination which assured that there was a biological infection.

A fungicide had been used to get rid of it and sterilization process had been carried out to the wooden elements.

Through examination Insecticides infection had been found also, alamonium phosphide was used aspesticide as a in the sterilization process.

Deteriorated parts in the wooden elements had been consolidated also to keep them for as long as possible, and after the completion of the treatment process an coating layer represented in linseed oil had been applied over the surface of wooden elementsto protect them from changes in the surrounding environment.

The study dealt with the examination and investigation and laboratory tests for the cleaning materials in order to gain access to the best material that proved very effective method in the cleaning process to be applied to wooden elements in the building - the subject of the study - and through the results that have been recognized to is that Dai methyl formamide DMF.

An experimental study was conduct in the laboratory onsome models which is similar to wooden elements in the heritage building to consolidate themby using different materials to choose the best one. Mechanical tests had been carried out on these models before and after a consolidation process, the result was an increase in the strength of the sample beam that has been strengthened with a solution of wax and rosin dissolved in Tri-chloro ethylene.

This method has been carried out on the wooden elements in the heritage building including all phases of treatment: cleaning, completion, sterilization and consolidation. The study ended with results and recommendations.

قائمة المحتويات

قائمة الصور

قائمة الجداول

الفصـــــل الأول

منهجية الدراسة

الفصل الأول

المقدمة

مشكلة الدراسة

أهداف الدراسة

حدود الدراسة

منهجية الدراسة

عينات الدراسة

المواد المقترح تجربتها واستخدامها في الدراسة

المقدمة:

الأخشاب مادة عضوية تتعرض لكثير من مظاهر التلف التي تسببها عوامل تلف مختلفة سواء كانت هذه عوامل تلف داخلية موجوده بالأصل داخل الأخشاب أوعوامل خارجية نتيجة للظروف المحيطة بالأخشاب كالحرارة والرطوبة والرياح والضوء والتلف البشري والتلف البيولوجي والتي جميعها تؤدي إلى تغيير في الشكل والتركيب الداخلي للأخشاب.

تعتبر الأخشاب من المواد الأساسية التي لعبت دوراً رئيسياً في تاريخ البشرية، حيث استخدمت في العمارة فدخلت في الأسقف والأعمدة والأرضيات، وكذلك استخدمت في صناعة المقتنيات الفنية ،وقد يرجع اسستخدام مادة الخشب إلى توفرها أو إلى ما تتمتع به الأخشاب من الخواص الفيزيائية والميكانيكية والحرارية والكهربية والصوتية .

تعددت استخدام الخشب في العناصر المعمارية كالأبواب والشبابيك والأسقف والجسور والقباب، واستخدمت أيضاً في عناصر الأثاث كالمقاعد والخزانات، والصناديق، والآلات الزراعية.

لذلك تعتبر الأخشاب من أقدم وأكثر المواد التي تم استعمالها في جوانب الحياة المختلفه، والتي تمثلت في الأردن باستخدامها في العناصر المعمارية للمباني التراثية مثل الأرضيات والأسقف والأبواب والشبابيك .

وفي هذه الدراسة سوف يتم تناول: دراسة لأهم الأخشاب التي شاع استخدامها في المباني التراثية، وكذلك دراسة لأسباب ومظاهر التلف المؤثرة على العناصر الخشبية بالمباني التراثية، وتناولت دراسة تجريبية للمواد المستخدمة في علاج وصيانة الأخشاب ، وعمل اختبارات ميكانيكية لعينات الدراسة قبل وبعد معالجتها للوصول إلى أفضل الأساليب والمواد المستخدمة في علاج العناصر الخشبية.

مشكلة الدراسة:

الخشب من المواد التي استخدمت في المباني اتراثية كعناصر معمارية كألابواب والشبابيك، وقد لوحظ أن هذه العناصر أساسية في المبنى، وبما أن هذه العناصر المعمارية من مادة الأخشاب التي هي إحدى المواد العضوية فإنها تتعرض لمظاهر التلف المختلفه سواء كان مظهر التلف تحلل وإعوجاج وإلتفاف وتشقق وإصابة بالحشرات وتغيير في التركيب التشريحي والكيميائي للأخشاب، وغير ذلك من مظاهر التلف وإذا لم تتخذ الإحتياطات اللازمة للمحافظة عليها وصيانتها سوف تفنى.

فتنوعت المواد المستخدمة في مجال معالجة العناصرالخشبية في المباني التراثية، حيث شاع استخدام المرممين للمواد الصناعية في عملية المعالجة وعدم الإهتمام باستخدام المواد الطبيعية الملائمة لخامة الخشب.

لذلك تأتي هذه الدراسة لاستخدام المواد الطبيعية في معالجة العناصر الخشبية المستخدمة في المباني التراثية.

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية الدراسة في أهمية ايجاد مواد ملائمة لمعالجة العناصر الخشبية الموجودة في المباني التراثية من مواد التنظيف والتقوية والاستكمال والتعقيم.

وأن المكتبة العلمية الاردنية يندر فيها جود دراسات متخصصة في مجال معالجة العناصر الخشبية، لذلك تم تسليط الضوء على جانب مهم في حقل الترميم وهو معالجة العناصر الخشبية الموجودة في المباني التراثية، لأن هذه المباني جزء من التراث الأردني الذي جسد من خلاله الحياة السكنية في الماضي.

ونحن في الأردن لدينا من المباني التراثية التي تتجاوز 100 عام منتشرة في مناطق الأردن والتي لابد من المحافظة عليه كوحده واحدة ومعالجة العناصر الخشبية الموجودة فيها بشكل خاص.

فجاءت هذه الدراسة لتسليط الضوء على مشكلة لمظاهر تلف متنوعة تصيب العناصر الخشبية في المباني التراثية كالتشققات والضعف والهشاشة وإصابة بيولوجية وحشرية، وسوف تقوم هذه الدراسة بتسليط الضوء على أهم المواد المستخدمة في علاج العناصر الخشبية، ولكي تكون مرجع في مكتبتنا الأردنية ونواه للمزيد من بحوث مستقبلية التي تجري على معالجة العناصر الخشبية .

أهداف الدراسة :

- فحص خصائص الخشب قبل إجراء عملية المعالجة ، لبيان مدى ارتباط حالة الأثر في اختيار مواد المعالجة.
- دراسة أسباب ومظاهر التلف للعناصر الخشبية المباني التراثية.
- دراسة الوضع الراهن للعناصر الخشبية للمبنى التراثي موضوع الدراسة .
- تحديد المشاكل التي تعاني منها العناصر الخشبية للمبنى التراثي موضوع الدراسة ووضع خطة علاجية مناسبة بحسب حالتها، ودراسة لأهم المواد المسخدمة في معالجة الأخشاب.
- اجراء خطوات عملية وتطبيقية حول معالجة العناصر الخشبية .
- المساهمة في إثراء المكتبة العلمية الأردنية بدراسات تشمل كيفية التعامل مع التراكيب المختلفة للأخشاب وأنواعها .

حدود الدراسة:

سوف تقتصر هذه الدراسة على معالجة العناصر الخشبية الموجودة في المبنى التراثي موضوع الدراسة الموجود في قرية سحم، والذي يعود بيناءه إلى ثلاثينيات القرن العشرين .

وسوف تقتصر الدراسة على التركيز على العناصر الخشبية الموجودة في المبنى من أبواب وشبابيك وطرق معالجتها.

منهجية الدراسة :

انتهجت هذه الدراسة وفقاً لفكرة الموضوع الرئيسي المنهج التحليلي والذي يرتكز على فحوصات وتحليل العينات المختلفة من الأخشاب وما عليها من دهانات وإتساخات، وتحليل نتائج الإختبارات والفحوصات تمت علي عينات الإختبار، وكذلك انتهجت الدراسة المنهج الوصفي لوصف الوضع الراهن لعينات الخشب موضوع الدراسة ، ومن جانب اخر انتهجت الدراسة المنهج التجريبي في تجريب مواد التنظيف والتقوية المختارة على عينات من العناصر الخشبية.

عينات الدراسة:

ارتكزت الدراسة على أخذ مجوعة من العينات، والمتمثلة في عينات من الخشب وعينات من الدهانات والأتساخات الموجودة على سطح الخشب.

عينات الأخشاب:

عند أختيار عينات الخشب الرئيسية أخذت من العناصر الخشبية المتمثلة في الأبواب والشبابيك المستخدمة في المبنى التراثي وعددها 6 عينات أخذت من الأبواب والشبابيك .

مخطط الدراسة :

اشتملت الدراسة على خمسة فصول رئيسية ومقدمة ، قامت الدراسة في الفصل الأول بالتطرق إلى مشكلة الدراسة وأهميتها والأهداف المتوقع تحقيقها في نهاية هذه الدراسة ، والدراسات السابقة التي تناولت الموضوع من جوانب عدة والمنهجية المتبعه في الدراسة وأهم المواد المقترح تجريبها واستخدامها في الدراسة.

ومن خلال الفصل الثاني قامت الدراسة بتعريف الأخشاب وتركيبها الكيميائي والتشريحي والتطرق إلى الصفات والمميزات العامة للأخشاب المستخدمة في المباني التراثية، والخواص الفيزيائية والميكانيكية للأخشاب، وفي هذا الفصل أيضاً سوف يتم التعرف على أنواع الاخشاب المستخدمة في المباني التراثية.

وفي الفصل الثالث تناولت الباحثة العيوب الطبيعية للأخشاب، ودراسة العوامل المؤثرة على الأخشاب ومظاهر تلفها.

وفي الفصل الرابع من الدراسة تناول مراحل علاج وصيانة العناصر الخشبية، والمواد المستخدمة في العلاج.

تناول الفصل الخامس من هذه الدراسة الفحوصات والتحاليل والجانب التجريبي والتطبيقي حيث تناول توثيق العناصر الخشبية موضوع الدراسة قبل البدء بعملية المعالجة، القيام بتتبع مراحل الترميم من التنظيف والتقوية والإستكمال وتعقيم للعناصر الخشبية علاج الإعوجاج واستكمال للأجزاء المفقودة وملىء للفجوات والفراغات، ووضع طبقة من زيت بذر الكتان على سطح العناصر الخشبية بعد الإنتهاء من عملية المعالجة لها.

وانتهت الدراسة بالنتائج والتوصيات وقائمة المراجع والمصادر.

المواد المقترح تجريبها واستخدامها في الدراسة:

إختيرت مجموعة من المواد الشائع استخدامها في مجال صيانة الآثار والمتعارف عليها بين المرممين في عمليات المعالجة المختلفة بشكل عام وللأخشاب بشكل خاص، لذا حاولت الدراسة إثبات مدى فاعلية بعض المواد بإستخدامها في معالجة الأخشاب

❖ المواد المستخدمة في التقوية:

- البارالويد ب72 BaraloidB 72
- شمع البرافين Paraffin Waxes
- القلفونية (الروزين) Colophony (Rosin)
- البريمال Primal
- كربوكسي ميثيل السيليوز Carboxy Mythel Cellulose

❖ المذيبات العضوية المستخدمة في التنظيف:

- البنزين Benzene
- الطولوين Toluene
- الكحول الإيثيلى Ethanol
- الكحول الميثيلي Methanol
- داي ميثيل فورماميد Daimethel Formamaid
- تراي كلوروإيثان Tricolorethane
- تراي كلورو إثيلين Tricolorethylene
- الكيروسين kerosene

❖ **المواد المستخدمة في التعقيم:**

- الجامكسان Gamexan
- السيديل Cideal
- الثيمول thymol

والفحوصات و التحاليل المستخدمة في الدراسة

- الستيريو ميكروسكوب Stereo microscope
- الفحص البيولوجي Biological investigation
- فحص الخواص الميكانيكية للأخشاب بجهاز Compression Test Machine
- التحليل باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية (XRD) X- Ray Diffraction

الدراســــات الســـابقة

تستند الأبحاث والدراسات الحديثة على الدراسات السابقة حيث تكون بمثابة الأساس العلمي الذي يمكن الإعتماد عليه، كذلك تبنى عليه الكثير من الدراسات التي تهتم بدراسة علاج وصيانة الآثار بشكل عام. ودراسة علاج الأخشاب بشكل خاص. إن الهدف من دراسة كل ما يتعلق بالخشب من خصائص هو محاولة فهم مراحل التلف التى يمر بهـا الخشب وكذلك لوضع خطة علاج مناسبة .

حيث تناولت دراسات مختلفه موضوعات معالجة الأخشاب، ووجهت هذه الدراسات إلى أسباب وعوامل التلف المختلفة المؤدية إلى إنهيار مادة الخشب والمواد المناسبة المستخدمة في معالجة الأثار الخشبية طبقا لحالته.

تناول إبراهيم حسن عبد القادر. في كتابه " **ترميم وصيانة الآثار ومقتنيات المتاحف الفنية** " الصادر في عام 1975م، موضوعات تخص صيانة وترميم الأثار والمقتنيات الفنية المتحفية العضوية و غير العضوية) ابتدء من دراسة البيئة المحيطة بالمواد الآثرية وانتهاء بفحصها وتحديد علاجها طبقاً للظروف المسببة لمظاهر التلف الواقعة فيها المواد الأثرية ، ومن ضمنها مادة الخشب والعوامل التي تؤدي إلى تلفها وكيفية علاجه.

أوضح الباحث محمد عبد الهادي.في رسالته " **دراسة في علاج وصيانة خمسة تماثيل متنوعة من مجموعة الأخشاب من العصر الطولوني والعصر الفاطمي المعروضة بالمتحف الإسلامي**" الصادر في عام 1980م، تناولت الدراسة علاج وصيانة مجموعة من الأخشاب بإستخدام المذيبات العضوية بالتنظيف مثل الأسيتون والكحول الإيثيلي كما إستخدم البوليمرات المخلقة في عملية التقوية مثل البولي فينيل أسيتات وذلك بعد إجراء مجموعة من التجارب على عينات خشبية.

قدم لطيف حاجي حسن النجار. في كتابه " **تكنولوجيا الخشب**" الصادر في عام 1981م، دراسة تناولت مجمل مايخص الأخشاب من حيث الصفات العامة ، والعيوب الطبيعية للأخشاب والتي تؤثر على طرق صناعتها.

قدمت باهرة عبد الستار. في كتابها " **معالجة وصيانة الآثار دراسة ميدانية**" الصادره في عام 1981م، دراسة تركزت حول نوعيات الاخشاب المختلفة المستخدمة في الأعمال الفنية و الطرق العلمية لعلاج المقتنيات المنقولة العضوية وغير العضوية.

أشار حسام الدين عبد الحميد.في كتابه "**المنهج العلمي لعلاج وصيانة المخطوطات والأخشاب والمخطوطات الأثرية**" الصادر عن الهيئة المصرية العامة في القاهرة عام 1984م، دراسة التركيب الكيميائي للأخشاب فقد ذكر الكاتب أن الخشب يتكون أساسا من ألياف سليلوزية عديدة التسكر ،وأن أكثر المركبات تواجدًا في جدر الخلايا النباتية هما السليلوز والماء.

لقد تناول ج.أم كرونين ،و.س.رونيون في كتابه المترجم. " **أساسيات ترميم الآثار**" الصادر في عام 1987م، الأساسيات العلمية لترميم الآثار العضوية وغير العضوية من موقع التنقيب إلى مرحلة العلاج الطويلة وفق البيئات المختلفة ومن ضمن تلك الآثار الأخشاب التي نالت جزء من الدراسة من خلال دراسة طبيعه التلف.

قدم الباحث حسين محمد علي.في رسالته "**ترميم الأخشاب الملونة تطبيقاً على تابوت من العصر اليوناني – الروماني**" الصادرة في عام 1987م، دراسة عن استخدام القلفونية والشمع مذاباً في تراي كلوروإيثلين كبديل لاستخدامهما مصهوران عن طريق النار، كما تطرق إلى طرق فحص الأخشاب .

وقد تناول HorieV.C. في كتابه

"Materials for conservation organic consolidatants, Adhesives and coatings" الصادر في عام 1987م، ذكر أهم الراتنجات وتركيبها وطرق استخدامها وكذلك ذكر أهم المذيبات المستخدمة لإذابتها.

أوضح الباحث عبد الوهاب السنباطى. في رسالته" علاج **وصيانة الأخشاب الأثرية المغمورة فى الماء أو المطمورة فى تربة رطبة تطبيقا على عينات خشبية من المركب الأثرى التى عثرت عليها هيئة الأثار بمسطرد سنة 1987**" الصادره في سنة1991م. لدراسة خواص الأخشاب الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية.

أشار عبد الستار العزاوي. في كتابه" **الترميم والصيانة للمباني الأثرية والتراثية**" الصادر في عام 1991م، دراسة الطرق المختلفة لترميم وصيانة السقوف الخشبية.

قدم عزت قنديل، وعطاالله أحمد أبو الحسن. في كتابهما" **تقنية الأخشاب**" الصادر في عام 1993م، دراسة التقنيات المختلفة للأخشاب ودراستها تفصيلياً .كما تناول العيوب الطبيعية والنموية والحالات الشاذة في الأخشاب وكذلكالعوامل الخارجية لتلف الأخشاب.

كما تناول Eaton, R.في كتابه **"Wood decay, pests and protection"** الصادر في عام 1993م.أن تنظيم سلاسل جزيئات السليلوز يعتبر عالي جدا حيث لاحظ أن الروابط الهيدروجينية تؤدي إلى تجمع سلاسل السليلوز في حزم من الميكروفيبرالات.

قدم Blanchette, R., Haight في كتابه" **Assessment Of deterioration in Archaeological Wood from Ancient Egypt,**" الصادر في عام 1994م، أوضح أن عوامل التلف والتحلل تتسبب في نقصان نسبة اللجنين في الأخشاب نتيجة لعمليات الأكسدة.

تناولت الباحثة نسرين محمد نبيل الحديدي. في رسالتها"**علاج وصيانة الأخشاب تطبيقًا علي تابوتين بالمتحف المصري بكلية الآثار**" الصادره في عام 1997م، دراسة أن الهيميسليلوز يشبه السليلوز من الناحية الكيمائية وذلك لكونه من المواد الكربوهيدراتية كما أنه يكون على شكل سلسلة كما هو الحال في السليلوز.

أوضح حسين محمد علي.في كتابه "**مبادئ ترميم وصيانة المقتنيات الفنية والأثرية**" الصادر في القاهرة 2002م، إلى أنواع الأخشاب المستخدمة في الأعمال الفنية وعوامل التلف المؤثرة عليها.

قدم محمد أحمد عوض. في كتابه" **ترميم المنشآت الأثرية**" الصادر عام 2002م، ذكر طرق استخدام الأخشاب في المباني الأثرية ، وتناول الوسائل المختلفة في إستخدام الأخشاب في التغطية والتسقيف،وكذلك أهم أنواع الأخشاب كما تطرق إلى ما يتعلق بعلاج وصيانة الأخشاب.

كما قدم خالد غنيم. في كتابه " **علم الأثار وصيانة الأدوات والمواقع الأثرية وترميمها"** الصادر في عام 2002م، خصائص المواد العضوية ومنها الأخشاب، كما تعرض المؤلف إلى تقوية وتنظيف وترميم الأخشاب وكذلك إستكمال الأجزاء الناقصة منها.

كذلك تناولت مروه عاطف. في رسالتها **"دراسة تأثير الرطوبة على الأخشاب تطبيقا على دير الأنبا بضابا بنجع حمادى وطرق علاجها"**الصادره في عام 2006م، دراسة البيئة المحيطة بدير الأنبا بضابا بنجع حمــادى والتعـــرف علـــى عوامل التلف المؤثرة على الأخشاب الموجودة داخل كنائس الدير حيث كان من الضرورى دراســـة الخشب كمادة عضوية وتاريخ المشغولات الخشبية على مر العصور.

قدم الباحث مدحت عبدالله عبد الحميد. في رسالته " **دراسة تجريبية علي بعض المواد المستخدمة في تقوية الأخشاب الملونة"** الصادره في عام 2009م، دراسة أوضح فيها أن الانخفاض في درجة الرطوبة النسبية يؤدي إلى حدوث أنكماش وإعوجاج وشروخ ناتجة عن إجهادات الجفاف الشديدة وبالنسبة للأخشاب الحاملة لطبقات لونية فقد يؤدي ذلك لسقوط الطبقة اللونية والجو نتيجة التمدد والانكماش.

قدم الباحث محمد ثروت محمد مجاهد. في رسالته **"التوثيق العلمي للقصور التاريخية قبل الترميم"** الصادره 2009م،حيث تناول الخطوات الواجب إتخاذها التوثيق المباني الأثرية تطبيقاً على القصورالتاريخية قبل إجراء عمليات الترميم، كما تعرض إلى الخطوات الواجب إتخاذها لبدءعملية التأهيل.

أشار الباحث مصطفي ماهر. في رسالته " **دراسة مقارنة لأعمال الترميم بالأسقف الخشبية الملونة في المباني الإسلامية الأثرية خلال النصف الثاني من القرن العشرين ووضـع الحلـول المناسبـة للـعلاج مع التطبيق على أحد النماذج المختارة"** الصادره في عام 2011م. دراسة تجريبية لبعض العينات التي تم إعدادها من قبل الباحث بنفس أسلوب تنفيذ الأسقف الخشبية الملوثة وتم عمل تقادم للعينات وتعريفها لبعض عوامل التلف وبعد ذلك تم اختبار بعض المواد المقوية وبعض المحاليل الكيميائية لتحديد أنسب طرق العلاج.

كذلك أوضح عبد السلام العسيلي. في كتابه " **محاضرات في حفر وتشكيل وعلاج وصيانة وترميم الأخشاب"**عن التركيب التشريحي للأخشاب ووكيفية التعرف على الأخشاب الاثرية وعوامل تلفها وطرق علاجها وصيانتها في البيئة الرطبة.

نجد من خلال ما سبق أن جميع الباحثين الذي تم ذكرهم قاموا بدراسة مواضيع متعددة ذات صلة مباشر وغير مباشر بموضوع الدراسة.

الفصل الثاني

الأخشاب وتركيبها الكيميائي والتشريحي و الخواص الميكانيكية والفيزيائية

تمهيد:

منذ أن استقرت الحياة بالإنسان، بدأ يتطلع للطبيعة من حوله بحثًا عن احتياجاته وكانت الأخشاب من إحدى المواد التي تيسرت له ووجد فيها أغلب ما يحتاج وبذلك بدأ يعرف خصائصها وكيفية التعامل معها، وخبر كيف يجففها بالطريقة التي تحتفظ بها خواصها الطبيعية ومن هنا تعتبر الأخشاب من أقدم وأكثر المواد التي استخدمها الإنسان في جوانب الحياة المختلفة.

عرفت أهمية الخشب كمادة جذابة وخصبة على مدى قرون طويلة، وتمثل الآثار الخشبية جزءاً كبيراً من الآثار التى خلفها لنا الإنسان على مر العصور والتى تعتبر من أقدم و أكثر المواد الخام التى أستخدمت جوانب الحياة المختلفة، نظراً لوفرتها وسهولة تشكيلها.

الخشب مادة عضوية ذات أصل نباتي المنتشرة في جميع أنحاء الكره الأرضية، والذي يعتبر من المواد الخام ذات الأهمية لبني البشر، لما يقدمة من خدمات منذ القدم والتي ساهمت في إبقاء الإنسان ، وتطوره الحضاري.

فقد كثرت استخدام هذه المادة سواء في العناصر المعمارية أو الأنشائية أو الفنية في المباني التراثية كالأبواب والشبابيك والأسقف والأرضيات والأعمدة والزوايا وأعمدة الديكور، وذلك لطبيعة مادة الخشب وما تمتاز به من خواص فنية وسهولة في التشكيل، بالإضافة إلى خواصة الفيزيائية والميكانيكية والحرارية.

أولاً: التركيب التشريحي للخشب Anatomical structure of wood

التركيب التشريحي للأخشاب عبارة عن الوصف الميكروسكوبي لمجموعة العناصر التشريحية المتباينة في الشكل والحجم والنسبة ويزداد هذا التباين بين الأنواع الشجرية وبعضها البعض و يعتبر واحداً من أهم الطرق المتبعة لتصنيف الأخشاب والتعرف عليها كما أنه يعد واحداً من طرق تحديد خواص وسلوك الأخشاب واستعمالاتها.

الخشب هو مادة عضوية من أصل نباتي، دخل حياة الإنسان منذ القدم، هو أحد عناصر البناء لدى الأقدمين وهو أيضاً، بوجود الثمار، مصدر غذائي مهم و الخشب والفحم النباتي هما مادتان قابلتان للاحتراق ويشكلان مصدراً للطاقة الحرارية. فهما يشكلان بذلك إحدى الحلقات الأساسية لسلسلة إنتاج أغلبية النشاطات الحرفية والتقنيات التي شغلت الإنسان منذ القدم إذ يمكن دراسة الخشب من عدة جوانب ولكن أياً كان الجانب الذي يدرس منه الخشب، يجدر الأخذ بعين الإعتبار العلاقات القائمة بين أوجهه المختلفة واستعمالاته المتعددة.

وللأخشاب مميزات أو خواص عديدة ومختلفة، وبعض هذة الخواص تكون متشابهة في جميع أو معظم أنواع الأخشاب، وبعضها يختلف من نوع لآخر. وعن طريق هذة الخواص يمكن التمييز بين الأنواع المختلفة من الأخشاب والتعرف عليها، فهناك الخواص التشريحية التي تتعلق بالبنية الداخلية للأخشاب والعناصر المكونة لها وشكل خلاياها، وكذلك الخواص الطبيعية التي يلعب بعضها دوراً كبيراً في مدى تحمل ومقاومة الأخشاب لعوامل التلف المختلفة، كما أن بعضها يكون له دور كبير في تشغيل الأخشاب وأستخدامها في الأغراض المختلفة وأيضاً مدى مقاومتها للأصابة بالحشرات والكائنات الحية الدقيقة نتيجة لوجود بعض الكيماويات السامة أو المقاومة لهذة الكائنات.(العسيلي: 2006: 7).

تتوافر مادة الخشب في الأشجار بصفة عامة لذلك فإن الخشب يعتبر مادة عضوية طبيعية لها مكونات وخصائص معينة تحدد استخدامها وفترة بقائها بحالة سليمة.

تنتمي النباتات الخشبية إلى قسم النباتات البذرية (Spermatophytes) المعمرة، جذوعها واضحة وقائمة، وهي إما ان تكون على شكل شجرة خشبية يزيد ارتفاع ساقها على سبعة أمتار، أو على شكل شجيرة خشبية (جنَبة) متعددة السوق، ارتفاعها أقل من سبعة أمتار، أو على شكل متسلقات خشبية.

http://www.arab-ency.com

❖ **تقسم الأخشاب إلى مجموعتين كبيرتين فقط هما:**

1. مجموعة الأخشاب الصلبة Hardwood: الصميمي

هو الجزء المركزي من الأسطوانة الخشبية في سوق النباتات والتي طرأت عليه تغيرات أدت إلى توقف عناصره عن أداء وظيفة التوصيل، إلا أنها في نفس الوقت تزيد من قيمته ووظيفته التدعيمية حيث يصبح التدعيم هو وظيفته الوحيدة. وتمتليء عناصر الخشب الصميمي عادة بمواد مختلفة وداكنة اللون كالراتنج والتانين تسبب دكانه في لون الخشب.(إبراهيم:24:2014).

إن ترسيب المواد الداكنة اللون في الخشب الصميمي لبعض الأشجار كالماهوجني والجوز والأبنوس وغيرها فإنها ترفع من قيمة هذه الأخشاب وتجعلها أكثر صلاحية للأستخدام في الأغراض الصناعية، وذلك لما تضيفة عليها من متانة وقوة. كما أن لونها الداكن يجعلها قابلة للتلميع والصقل بسهولة، والمواد التي تتخلل الخشب الصميمي تكون غالباً مواد مقاومة للآفات، كما أن نسبة كبيرة من المستخلصات الموجودة بالخشب الصميمي تعد من المركبات العضوية السامة لأنواع الفطريات التي تصيب الأخشاب، ولذلك لا يتأثر هذا الخشب بالفطريات أو البكتيريا أو الحشرات لأن هذة المواد تزيد من متانة الخشب ومقاومته للآفات، يحتوي على نوع من الزيوت تحصنه ضد الحشرات الثاقبة . (محمود:48:2000).

2 . مجموعة الأخشاب اللينة Softwood: (عصاري)

وهو الخشب الحديث الموجود تحت القشرة مباشرة ، ويكون فاتح اللون وخفيف الوزن وتكون الحلقات السنوية واضحة في الخشب الرخو أكثر من الخشب الصميمي، وقليلة المقاومة للرطوبة، وفي الأبنوس يظهر الخشب اللين الموصل أبيض اللون.

تكون خفيفة الوزن وفاتحة اللون وتتميز بوجود كمية لا بأس بها من الراتنج مما يعطيها قوة تحمل ومتانة ولكن معظم الأخشاب الطرية لا تقاوم الرطوبة، وأن الخشب الرخو أكثر عرضة للإصابة بالكائنات الدقيقة والحشرات وذلك لوفر المواد الغذائية ونسبة المياة الكبيرة به. (العسيلي: 173:2006)

ويقوم الخشب الرخو بوظائف التدعيم وتخزين المواد الغذائية، وبعض أنواع الخشب الرخو تكون ذات أهمية لبعض الأغراض الصناعية كصناعة لب الخشب لأنه خالي من الأصماغ والراتنج والمواد الملونة أي أنه خشب قابل للتلوين ويتحول الخشب الرخو تدريجياً إلى صميمي بتقدم عمر الشجرة، وخلال فترة التحول تموت الخلايا الحية وتتشرب بالمواد العضوية المختلفة من الأصماغ والراتنجات والأصباغ والزيوت وغيرها، وبعض هذة المواد ينفذ

إلى تجاويف الخلايا والبعض الآخر إلى جدرها. ومن المرجح أن إنخفاض نسبة الأوكسجين والخلايا الحية في المنطقة المركزية في الساق يعد من الأسباب المؤدية لتحول الخشب الرخو إلى خشب صميمي

تختلف الفترة التي يتحول فيها الخشب اللين إلى الخشب الصلب تبعاً لنوع النبات ونشاط عملية النمو، و يختلف أيضاً في عدد من النقاط منها الوضع التقسيمي حيث تقع مجموعة الأخشاب الصلبة مغطاة البذورمن ذوات الفلقتين، والتي تحتوي على ألياف طويلة ورفيعه ذات نهايات مغلقة.(إبراهيم: 2007: 291).

الأخشاب اللينة Softwood، تقع في مجموعة معراة البذور، رتبة المخروطيات تحتوي على قصيبات مع القصيبات يوجد قليل من الخلايا البرنشيمية تحتوي على بعض النقر، ومع القصيبات يوجد الخلايا البرانشيمية. (إبراهيم:2007: 291).

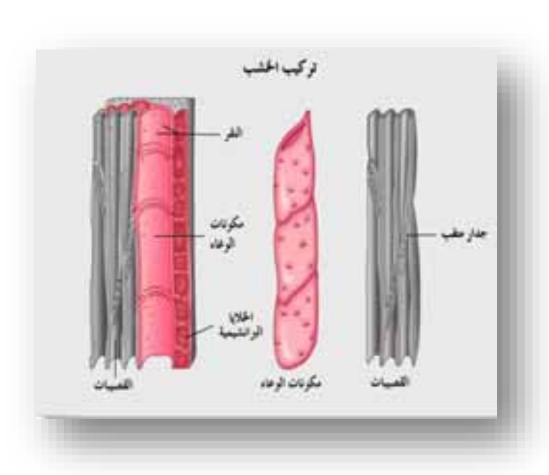
يتكون النسيج الخشبي في النبات من العناصر التالية وكما هو مبين في صورة (1):

1-الأوعية (القصيبات) Vessels

2-القصيبات Tracheids

3-بارشيمة الخشب Xylem Parenchyma

4-ألياف الخشب. Xylem Fibers. (عبدالله:62:2012)



الصورة (1) توضح

التركيب التشريحي للخشب

1- الأوعية Vessels :

توجد الأوعية فقط في الأخشاب الصلبة (النباتات مغطات البذور)، وينشأ الوعاء من صف طولي من الخلايا تلاشت فيها كلياً أو جزئياً الحواجز المستعرضة الفاصلة بين هذه الخلايا مما يؤدي إلى إتصال هذه الخلايا وتكوين قناة أنبوبية تختلف في الطول والقطر بأختلاف النباتات، فقد يصل طولها إلى متر أو أكثر ، ولكن متوسط طولها حوالي 10 سم تقريباً، أما قطر الوعاء فأنه يختلف أيضاً بأختلاف النباتات ويتراوح بين 0.2-0.7 ، والأوعية أكثر طولاً وأوسع قطراً في النباتات المتسلقة، وتكون ذات جدار سميك تظهر في القطاع العرضي مستديرة أو مضلعة وفي القطاع الطولي (أتجاه التوصيل) تكون مستطيلة الشكل، الصورة (2) تبين شكل الأوعية في الخشب ويتراوح سمك جدار الوعاء بين 5-10 % من القطر، وتكون الأوعية حوالي 50% من الحجم في الأخشاب الصلبة وتمثل الأوعية قنوات التوصيل الأساسية في النباتات مغطاة البذور، وهي عناصر ميتة، ووظيفتها توصيل الماء وأختزانه أحياناً. (عبدالله:2012:62).

وتنقسم الأوعية إلى أنواع مختلفة تبعاً لنوع التغليظ بها حيث تضاف مادة التغلظ على جدران الأوعية من الداخل على صور مختلفة منها:

أ- تغليظ في شكل حلزوني (أوعية حلزونية).

ب- تغليظ في شكل حلقات (أوعية حلقية) Annular vessels.

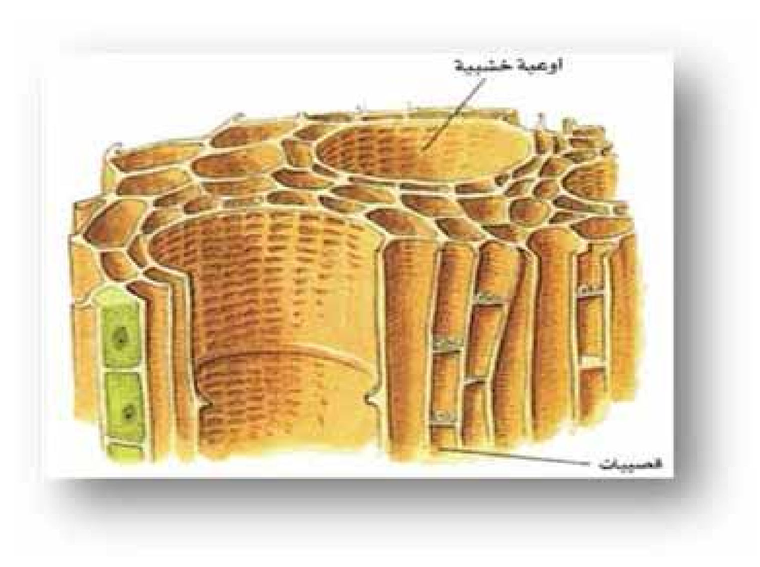
ج- تغليظ في شكل شبكي (أوعية شبكية) Reticulate vessels.

د- تغليظ في شكل سلمي (أوعية سلمية) Scalariform vessels.

هـ- تغليظ في شكل منقر (أوعية منقرة) Pitted vessels، وهي أوسع الأوعية وأغلظها جدراناً.

وقد يشترك نوعان ن أنواع التغليظ السابقة في وعاء واحد، فقد يكون الوعاء حلقياً حلزونياً أو سلمياً منقراً وهكذا.

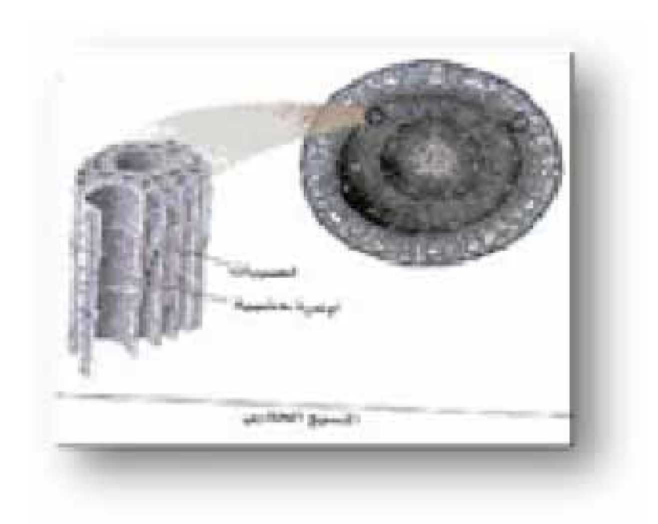
(محمود:2000:80)



الصورة (2) توضح الأوعية في الخشب

2- القصيباتTracheids :

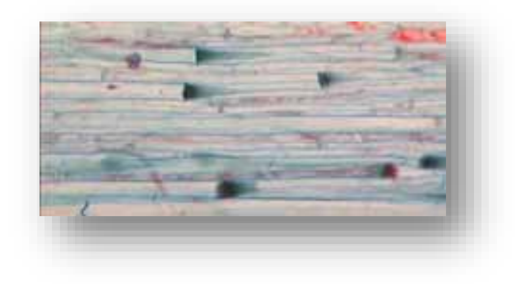
وهي عناصر ميته كالأوعية، أي لا تحتوي على بروتوبلاست، وتغليظها لجيني وهي مستطيلة تجاة التوصيل ذات أطراف مدببة تقريباً، ولذلك فإنها تتشابه مع الألياف إلا أنها أقل تدببا وأقصر منها في الطول وأعرض وجدرانها أقل تغلظاً وتكون ذات فجوة وسطية أوسع. والقصيبة مهيأة من الوجهة التركيبية – بالنسبة لكل من التجويف والجدار- للقيام بوظيفة التوصيل، وتساهم الجدر الغليظة المتينة للقصيبات في التدعيم أيضاً تبين الصورة (3) شكل القصيبات في الخشب. ويكون تغليظ جدران القصيبات على أشكال متعددة، فالقصيبات المتكونة في الأجزاء النامية تكون ذات تغليظ حلقي أو حلزوني، أما التي تنشأ بعد ذلك فتكون ذات تغليظ شبكي، بينما توجد القصيبات ذات التغليظ لمنقر في الأعضاء البالغة، وهناك قليل من القصيبات ذات التغليظ السلمي ويتراوح طول القصيبة بين 2-4 مم، وقطرها بين 0.15 – 0.1 مم. كما يتراوح سمك الجدار بين 10% - 50% من القطر. وتكون القصيبات حوالي 90% من حجم الخشب اللين. (عبدالله:2012:63).



صورة رقم (3) توضح شكل القصيبات في الخشب

3- بارنشيمة الخشبXylem Parenchyma :

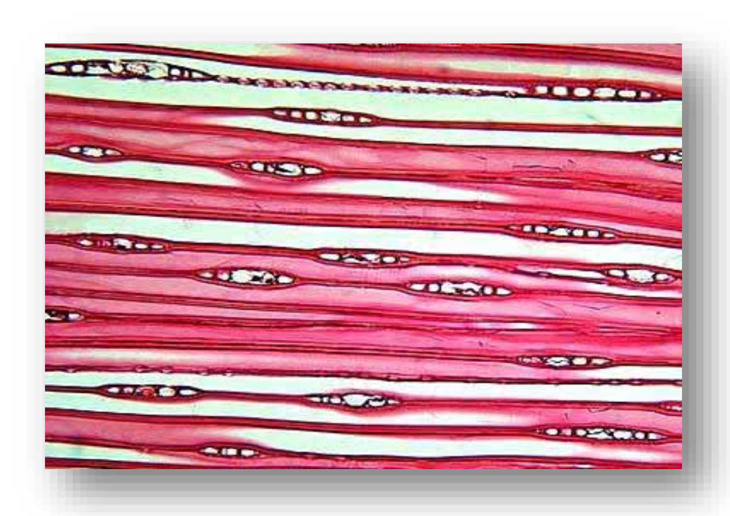
وهي خلايا برنشيمية مستطيلة تكون حية غالباً تظهر في الصورة (4)، ولكنها قد تفقد محتوياتها الحية في الأجزاء المسنة وتتحول إلى عناصر ميتة، وتكون ذا جدر رقيقة غير مغلظة وقد تكون مغلظة الجدر أحياناً. وقد تساهم برنشيما الخشب في التوصيل ولكنها تختص غالباً بتخزين المواد كالنشا والمواد الدهنية والتانين والبلورات وغيرها. والخلايا البرنشيمية في الخشب على النقيض من القصيبات والأوعية ومعظم أنواع الألياف، تبقى حية ما بقى النسيج الذي يحتوي عليها قائماً بوظيفة التوصيل. ويختلف توزيع الخلايا البرنشيمية داخل أنسجة الخشب في النباتات المختلفة فأحياناً تكون متناثرة بين العناصر الخشبية الأخرى، وأحياناً تتجمع حول الأوعي، وفي حالات أخرى ترافق عناصر الخشب التي تظهر في آخر فصل النمو. وبصفة عامة فإن الخلايا البرنشيمية تكون صغيرة الحجم، حيث تتراوح أطوالها بين 0.1 – 0.32. (العسيلي:2006: 16).



صورة رقم (4) توضح بارنشيمة الخشب

4- ألياف الخشب Xylem Fibers:

وهي خلايا ميتة مستطيلة مدببة الطرفين ذات تغليظ لجنيني ووظيفتها الأساسية هي التدعيم، أما وظيفتها للتوصيل فهي محدودة. وتكثر الألياف عادة في الخشب الذي تمثل فيه الأوعية عناصر التوصيل الرئيسية، أما الخشب الذي تغلب فيه القصيبات فتندر به الألياف وذلك لأن القصيبات في هذه الحالة تؤدي وظيفة الألياف إلى حد ما. وتختلف أطوال الألياف تبعاً للأنواع المختلفة من الأخشاب إذ تتروح بين1-2 مم، وذلك بأستثناء الأطوال الشاذة التي تتراوح بين 0.5 -2.5 وقد وصلت أطوال الألياف في بعض أنواع الأخشاب الإستوائية إلى 4.2 مم) أما أقطار الألياف فتتراوح بين 0.01 – 0.05 مم تقريبا والصورة (5) تبين شكل الألياف في الخشب.(محمود:82:2000).



صورة (5) توضح الألياف في الخشب

تختلف المكونات التشريحية للأخشاب الصلبة عن مكونات الأخشاب اللينه في ما يلي :

1- يختلف الخشب الصلب عن الخشب اللين في جود الأوعية كمكون أساسي للأخشاب الصلبة .
2- تتميز الأخشاب اللينه بالترتيب القطري للخلايا الطولية بينما في الأخشاب الصلبة تفقد العناصر الترتيب القطري لاختلاف الأوعية .

3-عناصر تكوين الخشب الصلب عديدة وأكثر تعقيداً من الخشب اللين. (محمود:73:2000)

ثانيا: التركيب الكيميائي للخشب Chemical structure of wood

يتكون النسيج الخشبي من مواد كيميائية والتي تشكل مادة جدار الخلية وهذه المكونات مجتمعة مع بعضها البعض وبالتالي تحدد سلوك وخواص الخشب من الناحية الفيزيائية والكميكانيكية .(عبدالله :2012 :64).

يحتوي الخشب على بعض المكونات الأساسية والعناصر الكيميائية المختلفة التي تتفاوت في نسب تواجدها والتي يكون لها تأثير مباشر على درجة ومدى تأثر الأخشاب بالمواد الكيميائية المختلفة من أحماض وقلويات وغيرها، كما يكون لها تأثير أيضاً على بعض الخواص الطبيعية والميكانيكية للأخشاب – كاللون والطعم والرائحة والوزن والصلابة – والتي تؤثر بالتالي على الإستخدمات المختلفة للأخشاب، وأيضاً يكون لها دور كبير في درجة ومدى تلف الأخشاب وتأثرها بالعوامل المختلفة التي تتعرض لها .(إبراهيم:2007:292).

العناصر الكيميائية المكونة للخشب:

أن المكونات الكيميائية الأساسية للخشب هي: الكربون (C) والهيدروجين (H) والأكسجين (O) كما يوجد قليل من عنصر النتروجين N، بالإضافة إلى هذة العناصر هناك كميات قليلة من العناصر المعدنية وجدت في رماد الخشب، وهي بصورة أساسية: الكالسيوم (Ca) والبوتاسيوم (K) والماغنسيوم (Mg).(العسيلي:2006:61).

الخشب هو عبارة عن مادة ليفية خلوية ذات جدران خلوية تتكون بشكل رئيسي من:

1. السليلوز **Cellulose:**

والتي تترواح نسبته من حجم النسيج الخشبي حوالي 40- 50%

2. الهيميسليولوزHemicelluloses :

والتي تتراوح نسبته من حجم النسيج الخشبي حوالي 20- 35%

3. اللجنين Lignin :

والتي تتراوح نسبته من حجم النسيج الخشبي حوالي 15- 35%

4.المواد البكتينية Pectin's:

ونسبتها قليلة والتي تصل نسبتها من حجم النسيج الخشبي أقل من1%. (عزت قنديل:1993: 35).

بالإضافة إلى بعض المكونات الثانوية مثل :التانينات Tannins

والزيوت الطيارة والراتنجات Volatile oils and resins

والصموغ Gums واللاتكس latex.

(عبدالله:2012: 65).

1- السليلوزCellulose:

من أكثر المواد العضوية تواجداً في المملكة النباتية فهو المكون الرئيسي لجدار الخلايا النباتية وأن جزيء السيليولوز يتركب من العديد من الوحدات تتجمع مع بعضها بطريقة لا نهائية في صورة خيطية على شكل سلاسل طولية تتصل وحداتها بروابط كيميائية، وبالتحليل العنصري للسليولوز وجد أن تركيبه هو $(C_6H_{10}O_5)_n$ ويتراوح عدد وحدات الجلوكوز في الجزء السيلولوزي للخشب من(8000-10000). ويتواجد السيليلوز في صورة لويفات وكذلك ينتج من تجمع اللويفات في أعداد كبيرة تكونFibers.(عبدالله : 2012 :65).

السيليلوز ، هو المركب الذي يشكل معظم حجم المادة المكونة لبناء جدران الخلية ، وهو يكـــون مسئول بشكل عام عن تقوية الخشب ، ويوجد فى هيئة ألياف دقيقة صغيرة عادة ما يكون مربـــع فى القطاع العرضي ولكن ليس لها طول محدد ، وهناك اعتقاد بأن طول الألياف الدقيقـــة فـــي القطاع العرضي . وظيفة الألياف الدقيقة للسيليلوز منح القوة لجدار الخلية وهو عبارة عن بوليمر خطى من وحدات لا مائية . الترتيب العالي لسلاسل جزئ السيليلوز يمكن أن يظهـر بوضـــوح عند فحص السيليلوز باستخدام حيود الأشعة السنية والميكروسكوب المستقطب ، وفــي الجـــزئ الداخلي توجد روابط هيدروجينية بين السلاسل الجانبية للسيليلوز ينتج عنها ألياف دقيقـــة مـــن السيليلوز، يقوم السليلوز بدور الهيكل البنائي للنسيج الخشبي.(إبراهيم: 2007: 291).

هناك نظامين لترتيب جزيئات السليلوز تم الكشف عنها بواسطه الأشعه السينية وهما :

1- التركيب البلوري المنتظم Crystalline forms

2- التركيب اللابلوري غير المنتظم العشوائي Amorphous forms. (العسيلي :2006: 64- 65).

ويتركز التركيب البلوري في مركز اللويفه وسلاسل السيلولوز تتراص بأشكال متوازية لتكون اللويفات والممكن ملاحظتها بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني . (عبدالله :2012 : 66).

2 - الهيميسليلوز Hemicelluloses:

هو مادة عديدة التسكر غير سليولوزية قابلة للذوبان في القلويات و الأحماض المخففة الدافئة، لتعطي البتوز والهكسوز حسب المعادلة الآتية: (عبدالله : 2012 : 66).

Hydrolysis by acids

1- Hemi cellulose ⟶ Pentose [Xylose, Arabinose] + Hexose [glucose, mannose, galactose]

Hydrolysis by acids

2- Cellulose ⟶ Glucose (Hexose

يتكون الهيمسـليلوز أسـاسـاً من الجلوكوز والسـكريات الخماسـية والسـداسـية، حيث يشـكل سـكر المانوز Mannose أهم مكونات الهيميسـلولوز في الأخشـاب اللينة ، أما سـكر الزايلو Xylose من أهم المكونات الأساسية للهيمسيليوز في الأخشاب الصلبة مع قليل من xylose، ويلعب الهيميسليلوز دوراً هاماً في ربط ألياف السـيليولوز بعضـها البعض بجانب اللجنين ويذوب في الماء المغلي والمحاليل القلوية المخففة ويختلف الهيميسليلوز عن السليلوز في سلاسله القصيره حيث درجة بلمرته أقل من السليلوز.

(M.B. Shrivstava, 1997, 4)

3- اللجنين Lignin:

هو المادة المدعمة (القوية أو الرابطة) في الخشب وهو عبارة عن بوليمر متفرع Branshed polymer بعكس السيليولوز الذي يعتبر بوليمر خطياً Linear polymer. وتمثل عملية اللجننة Lignification (أي ترسيب مادة اللجنيين) المرحلة النهائية من مراحل تكوين جدار الخلية الخشبية، وينتج اللجنيين البروتوبلازم. ومما هو جدير بالملاحظة هو ملازمة وجود السيليولوز مع اللجنيين (أي أنه لا يوجد اللجنيين منفصل عن السيليولوز أطلاقاً) في حين قد يوجد السيليولوز نقياً تقريباً في حالته الطبيعية كما هو الحال في القطن. ويعتمد تركيز اللجنيين في النباتات على عمر النبات فالأشجار المتقدمة في العمر تحتوي على نسبة أعلى من اللجنيين في تركيبها وتقل هذة النسبة سواء في الشجيرات أو الحوليات وغيرها ويعتبر المادة المدعمه القوية و الرابطة الرئيسية التي تجمع خلايا الخشب مع بعضها والتي تعطيه قوة تماسكه وصلابته ويمكن ملاحظة وجود السليلوز ملازم مع اللجنيين ليكونان معاً ما يسمى بالجنوسيليلوز. (إبراهيم:2007: 292).

وترتبط جزيئات اللجنين مع جزيئات السليلوز خلال مجموعات رابطة هي(OH)، ويكون اللجنيين في الجدار الخلوي عديم اللون وتركيب غير بلوري تماما، وجود اللجنين في النباتات يعتمد على عمر النبات فالأشجار المتقدمة في العمر تحتوي على نسبة أعلى من اللجنين في تركيبها وتقل نسبته في الشجيرات والحوليات.(العسيلي: 2006: 66).

.

4- المواد البكتينية Pectin's :

بالأضافة للمكونات السابقة هناك نسبة قليلة من المواد البكتينية وهي أيضاً مواد كربوهيدراتية أو مركبات قريبة لها. وتشير بعض الأبحاث العلمية إلى أنه لا توجد المواد البكتينية في الخشب القديم (حيث أنها قد تحولت إلى مكونات تشبه اللجنيين)، ولكن الرأي السائد هو وجود هذة المواد بنسب قليلة وبصورة أساسية في الصحيفة الوسطى Middle lamella والجدار الأولي Primary wall للخلية النباتية.(السنباطي:1991: 31).

المركبات البكتينية مواد غروية، غير متبلورة، مرنة، وهيدروفيلية وهي تدخل في تركيب المادة البين خلوية التي تربط الجدر الخلوية الفردية ، وتوجد المواد البكتينية مرتبطة بالسليلوز في الطبقات المكونة للجدر الخلوية، وتتميز المواد البكتينية بذوبانيتها العالية في الماء المتعادل.(عبدالله :2012 : 70).

5- المستخلصات الخشبية Wood Extractive:

بالإضافة إلى المكونات الكيميائية في الخشب يوجد مركبات تسمى المستخلصات وهي عبارة عن ترسيبات

في جدارن وتجاويف الخلايا الخشبية والتي تشتمل على المركبات ذات التركيب الجزيئي المنخفض وسميت هذه المستخلصات بهذا الإسم إعتمادا على إمكانية إستخلاصها من الخشب بواسطة الماء البارد أو الساخن أو بواسطة المذيبات العضوية المعتدله كالكحول والبنزين والأستون والإيثير.

(العسيلي::2006: 70).

وهذه المستخلصات مختلفه في التركيب الكيميائي وتوجد معظمها داخل الخلايا، وتوجد خاصة فى جدران الخلايا، ، كالأصباغ والشحوم والشموع والراتنجات والسكريات والدهون والنشويات والتلويات والتانينات والزيوت واستيرات الأحماض العضوية ، تكون هذه المستخلصات هي المسؤوله عن بعض خواص الخشب مثل اللون والرائحه وبالإضافه إلى مقاومته لمهاجمة الفطريات والحشرات، لإحتوائها على مواد عضوية سامة، وكذلك لها دورًا هامًا في الخواص الفيزيائيه والميكانيكية للخشب مثل النفاذية والكثافة والثقل النوعي والصلابة ومقاومتها للضغط.

(إبراهيم:2007: 292).

6- محتوى الرماد Ash content :

تكون نسبة محتواه في الخشب من 0.1-0.5% من وزن الخشب،وغالبًا ما يحتوي على المواد المعدنية التي قد توجد في الجدر الخلوية مثل السليكا،كربونات الكالسيوم واكسالات الكالسيوم والقلويات الأرضية مثل البوتاسيوم والماغنيسيوم.(عبدالله:2012:71).

الخواص العامة للأخشاب المستخدمة في المباني التراثية

هناك خواص وصفات عامة للأخشاب تميزها عن غيرها من المواد الآخرى وتتلخص فيما يلي:

- الأخشاب تعتبر (Hygroscopic) بمعنى أنها تكتسب الرطوبة وتفقدها بسهولة والتي يرجع ذلك إلى التركيب الكيميائي للأخشاب حيث توجد مجاميع الهيدروكسيل على سلاسل السليلوز والكربوهيدرات الآخرى والتي عند التجفيف تؤدي إلى تكوين روابط هيدروجينية.
(محمود:16:2000)
- الأخشاب مادة غير متجانسة الأبعاد حيث تتباين في صفاتها الطبيعية في أبعادها الثلاثة حيث لها ترتيب خاص في الطول والقطر والمماس. (محمود:16:2000)
- تمتاز الأخشاب بأن لها القدرة على العزل الحراري والكهرباء والصوت .
- إمكانية تصنيع الأخشاب بعدة أشكال باستعمال ألات ومعدات بسيطة.
- إمكانية تطبيق الدهان والورنيش على الخشب .
- إمكانية لصقه مع خشب أخر باستعمال الغراء ومواد اللصق.
- تعدد الخواص الطبيعية والميكانيكية للأخشاب في النوع الواحد وفي أجزاء مختلفة.
- تكون الأخشاب المجففة خفيفة الوزن لذلك يمكن نقلهاإلى مساحات بعيدة بتكاليف أقل.
- تعدد أنواع الخشب واختلاف الأشكال والقساوات.
- وفرة الأخشاب و رخص ثمنها نسبياً.
- سهولة التشغيل و التشكيل (التقطيع- المسح- النقر- الثقب- التجميع ... و غيرها) و سرعتها و سهولة التحكم في الأبعاد المختلفة.

(محمد : 2008: 27).

الخواص الفيزيائية والمكانيكية للخشب

تعد الخواص الفيزيائية والمكانيكية للخشب من الخواص التي تفيد في تميز الخشب والتعرف على التغيرات التي تطرأ على الخشب ومؤشر على مدى متانة ومقاومة الخشب للتغيرات البيئية المحيطة هناك علاقة وثيقة بين تركيب الخشب وخواصه والتى بدورها تنعكس على إستخدامات تلك المادة وتحدد كيفية إستعمالها.

❖ خواص الأخشاب:

أولاً: الخواص الفيزيائية للأخشاب Physical properties of wood

تعتبر الخواص الفيزيائية هى الخواص الملحوظة بصورة مباشرة فى الأخشـــاب وتساعــد فـــى التعرف على الأخشاب وأنواعها المختلفة ومن أهم هذه الخواص .

ـ الخواص البصرية :

وهى الخواص التى يمكن التعرف عليها بالعين المجردة أو الميكروسكـــوب الضوئـــى مثـــل [اللون ـ البريق (اللمعان) ـ النسيج]:

1- اللون Color wood:

تختلف ألوان الخشب اختلافاً كبيراً وهي من العناصر الهامة المميزة للأخشاب وتمثل قيمة جمالية لبعض الأخشاب. واللون قابل للتغيير نتيجة لتعرض الخشب لظروف جوية أو معاملات خاصة، كما أن اللون يختلف عادة بين الخشب العصاري والخشب الصميمي فيكون الخشب العصاري دائماً فاتح اللون أو أبيض بينما يكون الخشب الصميمي غامق اللون (بني أو بني محمر أو أسود) ويتحول الخشب إلى اللون الداكن عند تعرضه للظروف الجوية ويكون الخشب العصاري أكثر تأثراً، وهذه التغيرات ذات الطبيعة الكيميائية تنتج عن أكسدة بعض المركبات العضوية الموجودة في الخشب. ويؤدي تعرض الأخشاب فاتحة اللون إلى أشعة الشمس لمدة طويلة إلى تغير اللون إلى البني بينما يؤدي التعرض للمطر أو الرطوبة العالية إلى تغير اللون إلى الرمادي المعتم. ويعتبر اللون خاصية مورفولوجية (ظاهرية) وكيميائية وفيزيائية في آن واحد.
(السعيد :2004: 45).

2- رائحة الخشب وطعمه Odor and taste:

تتميز بعض الأخشاب بأن لها رائحة خاصة ، وهناك أمثلة على الأخشاب ذات الرائحة المميزة مثل: أخشاب السرو والأرز ذات الرائحة العطرية وخشب الصنوبر ذات رائحة راتنجية والساج الهندى له رائحة الجلد المحترق ، ونظرا لأن هذه المواد متطايرة لذا فإن خاصية الرائحة فى الخشب تقل تدريجيا عند تعرض السطح الخشبى للهواء المحيط وتزيد شدة رائحة الخشب أثناء قطع الخشب الحديث والرائحة كاللون ليس من السهل توضيحها والتعبير عنها بدقة.

ورائحة الخشب تكون نتيجة لوجود المستخلصات الطيارة فيه ونظراً لوجود هذه المستخلصات بصفة أساسية في الخشب الصميمي فإن رائحته تكون أكثر شدة وتمييزاً عن الخشب العصاري. وتقل رائحة الخشب تدريجياً بازدياد تعرضه للظروف الجوية نتيجة لتطاير المواد الموجودة به. وقد تتميز الأخشاب بروائح معينة نتيجة لتحللها للكائنات الدقيقة وتعتبر الرائحة من الصفات الفيزيائية والكيميائية أيضاً في الوقت نفسه.

(عبدالله: 2012: 75)

3- الوزن والكثافة النوعية Weight And Specific Gravity

تختلف الأخشاب في وزنها وكثافتها من نوع لآخر فهناك خشب ثقيل للغاية وآخر خفيف والكثافة النوعية هي النسبة بين وزن المادة ووزن حجم مساوي لحجم العينة من الماء. وتتراوح الكثافة النوعية للخشب بين 0.10 – 1.10 ويمكن تقسيم الأخشاب حسب كثافتها إلى خشب خفيف- خشب متوسط – خشب ثقيل. وتعتمد كثافة الأخشاب على نسبة ما تحتويه من مواد راتنجية وماء وكذلك على نسبة الألياف. وحيث أن الخشب من المواد الهيجروسكوبية (يمتص أو يفقد الرطوبة) فإن وزن القطعة يشمل وزن الخشب والرطوبة الداخلية للخشب وهو بين 5-25% ويمكن حسابه باستعمال جهاز قياس الرطوبة (جهاز الرطوبة الموضعي). (إبراهيم:27:2014)

وتتأثر كثافة الخشب نتيجة التغيرات البيئية المحيطة به ولذلك تختلف كثافة الخشب الحديث عن الخشب الأثري بسبب عمليات التقادم الطبيعي له وعوامل التلف المختلفه المحيطة به. ولذلك تنخفض كثافة الخشب بسبب انخفاض متانته وتحطيم خلاياه. (عبدالله :2012 : 72).

4- الصلابة Hardness:

مدى مقاومة الخشب لتغلغل الأجسام الأخرى فيه حيث تتوقف على تكوين الخشب وكثافته الإجمالية كلما صعب تغلغل أى جسم فى الخشب كان ذلك دليل على الصلادة .

وهي خاصية طبيعية ذات علاقة وثيقة بالوزن والكثافة النوعية للخشب حيث أنه حيث يتغير بتغير المحتوى المائي للخشب، فعندما يزيد المحتوى المائي للخشب تقل كثافة الخشب، هناك طرق وتجارب قياسية لقياس صلابة الأخشاب تستعمل فيها أجهزة خاصة والرطوبة تكون ذات تأثير عكسي على الصلابة وبزيادة المحتوى الرطوبي للخشب تقل صلابته كما تختلف صلابة الخشب حسب نوع السطح إن كان سطحاً عرضياً أو مماسياً أو شعاعياً.

(عبدالحميد:1984 : 226)

5- احتمال الخشب:

هو قدرة الخشب على مقاومة التلف الميكروبيولوجي الذي تحدثه الفطريات وأنواع من البكتريا والذي يتوقف على التركيب الكيميائي للخشب وكذلك على الخواص الأخرى للآخشاب.(إبراهيم:2014:27)

ثانياً: الخواص الحرارية للخشب Thermal properties of wood:

الخشب ليس كالمواد الصلبة الأخرى يتمدد بالحرارة وينكمش بالبرودة بل على العكس يتمدد بالرطوبة وينكمش بالحرارة ويعتبر الخشب من العوازل الحرارية الجيدة والعزل الحراري للخشب الرطب يساوي العزل الحراري للماء ويتوقف توصيل الخشب للحرارة على ثلاثة عوامل هي (اتجاه الألياف والمحتوى الرطوبي والثقل النوعي للخشب) والخشب يوصل الحرارة في اتجاه الألياف 2.5 مرة قدر توصيله لها في الاتجاه العمودي على الألياف وتزداد هذه المقدرة على التوصيل الحراري لزيادة الرطوبة وتتناسب طردياً مع زيادة الكثافة

(إبراهيم:2007: 293).

ثالثاً: الخواص الكهربية للخشب Electrical properties of wood:

يعتبر الخشب أيضاً عازلاً كهربياً ولذلك تصنع منه أيدي الأدوات المستعملة في الكهرباء وتزداد درجة العزل الكهربي للخشب بزيادة كثافته وزيادة جفافه فالخشب الرطب يوصل الكهرباء إلى حد ما ويزيد معامل التوصيل الكهربي للخشب بزيادة المحتوى الرطوبي ويمكن قياس المحتوى الرطوبي للأخشاب بقياس المقاومة الكهربية وهي من طرق القياس الغير المتلفة.

(عبدالله :2012 :81)

رابعاً: الخواص الصوتية للخشب Sound properties of wood:

حسب النظرية الموجية للصوت التي تعتمد على سرعة الصوت وتردده وكثافة المادة المستقبلة فإن الصوت يتذبذب أو يهتز VIBRATE عندما يقابل مادة مرنة مثل الخشب وللخشب خاصية امتصاص الصوت ثم إصدار الرنين RESONANCE وقد استغلت هذه الخاصية في صناعة الآلات الموسيقية ويمكن منها تمييز الأنواع المختلفة للخشب والقياسات الصوتية من الطرق القياس غير المتلفة لخواص الأخشاب مثل قوة الخشب ونسبة الرطوبة الداخلية ونسبة الفراغات. (عبدالله: 2012: 81).

خامساً: الخواص الضوئية للخشب (اللمعان) Luster of wood:

هناك بعض الأخشاب التي لها صفة اللمعة وبعضها غير لامع وكذلك فإن بعض الأخشاب تصدر وهجاً FLUORESCENCE عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية كما أن بعض الفطريات التي تصيب الخشب تلمع في الظلام ويتميز اللمعان الطبيعي للخشب عن اللمعان الصناعي بأنه يكون ذا عمق ويتأثر اللمعان بزاوية انعكاس الضوء. من الأخشاب المتميزة لخاصية اللمعان خشب التنوب والدردار والزيزفون.

(محمد: 2008 :46)

سادساً: خاصية تمدد وانكماش الأخشاب وعلاقتها بالرطوبة الجوية المحيطة:

تعرف هذه الخاصية بقدرة الخشب على جذب الرطوبة الجوية والأحتفاظ بها فى الصورة السائلة أو على هيئة بخار الماء ، ويرجع السبب فى وجود هذه الخاصية إلى التركيب الكيميائى للخشب (سيليلوز ـ هيميسيليلوز ـ لجنين ـ مواد مستخلصة ـ مواد بكتينية) وهى مواد قادرة على امتصاص الماء وهذه الخاصية من الخواص الهامة للخشب نظرا لأنها تؤثر على كل خواص الخشب الأخرى .

ومحتوى الرطوبة للخشب يؤثرا تأثيرا قويا فى متانة وصلادة الخشب فعلى سبيل المثال يفقد الخشب نسبة الرطوبة الموجودة داخله نتيجة لارتفاع درجة الحرارة وبذلك يحدث للخشب حالة من الأنكماش والعكس صحيح وفى حالة انخفاض درجة الحرارة يمتص الخشب نسبة من الرطوبة المحيطة فيحدث له انتفاش وهذا يتضح التأثير المتلف والخطير لهذه الخاصية على الخشب والمواد المصنعة منه نتيجة لهذه الخواص الهيجروسكوبية. (محمود : 1980: 268).

ويوجد الماء في الخشب في ثلاثة صور هي:-

- ماء متحد مع جزئ السليلوز.
- ماء حر داخل الخلايا في فراغات خلايا الخشب الحي النامي (العصير الخلوي CELL SAP).
- ماء حر بيني في جدر خلايا الخشب وبينها.

(إبراهيم:27:2014)

العوامل التى تؤثر على الإنكماش فى الخشب الطبيعى:

هناك عوامل عديدة يمكن أن تؤثر علي إنكماش وإنتفاخ الخشب منها:

1- كثافة الخشب أو الثقل النوعى للخشب.

2- نسبة المستخلصات فى الخشب.

3- الإختلافات بين خشب القلب والخشب العصاري.

4- الإختلافات بين الخشب المبكر والخشب المتأخر.

5- الإختلافات بين الخشب الشاب والخشب الناضج.

6- معدل النمو أو عرض الحلقة النموية.

7- مكان العينة من النخاع إلى القلف.

8- طول القصيبات.

ويحدث الإنكماش فى الجدار الخلوى وبالتالى فى الخشب ككل بخروج جزيئات الماء المرتبط من بين جزيئات السليولوز طويلة السلسلة وأيضا جزيئات الهيميسليولوز ونتيجة لذلك تتقارب هذه السلاسل من بعضها البعض فيحدث نقص في أبعاد الخشب.(ناصر:107:2014).

سابعًا :الخواص الميكانيكية للخشب Mechanical properties of wood

تعبر الخواص الميكانيكية للأخشاب عن سلوكها تجاه المؤثرات القوى الخارجية التي تؤثر عليها ويختلف السلوك الميكانيكي للأخشاب تبعاً لعدة عوامل حسب نوع القوة المؤثرة وطبيعة تكوين الأخشاب من حيث تركيبها الكيميائي والبنائي، كما أن هناك عوامل متعددة تؤثر على السلوك الميكانيكي للأخشاب أيضاً من أهمها: الكثافة والمحتوى المائي أو الرطوبي ودرجة الحرارة بجانب زمن أو فترة التحميل. وتتوقف كفاءة أو درجة تحمل الأخشاب على كثافة الخشب بالإضافة إلى نسبة المستخلصات الخشبية فيه. ومن المعروف أن صفات المتانة تتناسب عكسياً مع نسبة الرطوبة كما أن الحرارة العالية تقلل من متانة الخشب ويتم قياس الخواص الميكانيكية للخشب بواسطة اختبارات متلفة DISTRUCTIVE وذلك لقياس درجة تحمل الخشب للقوى (الانضغاط – الشد – القص – الثني) تختلف درجة تحمل الأخشاب وبالتالي قوتها من نوع لآخر وهناك الخشب المرن والخشب الصلب والخشب الضعيف والخشب الكثيف المتين وتختلف الخواص الميكانيكية للخشب تبعا لنوعها ولكثافتها والمحتوى الرطوبي ومعدل الحمل وعمر الخشب. (عبدالله:75:2012)

ويتوقف تحمل الخشـــب للقـــوى المختلفة على عدة عوامل أهمها :

1 ـ نوع الخشب وتركيبه وكثافته ودرجة ترتيب التركيب الداخلى .

2 ـ نسبة الرطوبة .

3 ـ وجود عيوب طبيعية للخشب أو تلفه بعوامل التلف المختلفة .

4 ـ نوع القوى المؤثرة .

5 ـ اتجاه القوى المؤثرة . (إبراهيم :2014: 28)

تشمل الخواص الميكانيكية على :

1. خاصية مقاومة الضغط Compressive Strength:

عندما تقاوم ألياف الخشب أحدى القوى المسلطة عليها والتي تعمل في ياتجاه مواز للحبيبات أو مائل عليها ، فإن هذه المقاومة تسمى مقاومة الانضغاط ، وتزداد مقاومة الخشب للإنضغاط في الاتجاه الموازي للحبيبات ، كما تقل بزيادة نسبة الرطوبة أو كثرة العقد.(عبدالله:76:2014)

2. خاصية مقاومة الشدTensile Strength:

حين يتعرض الخشب لقوة شد في الاتجاه الموازي لاتجاه الحبيبات أو المتعامد عليها ، فإن مقاومته تسمى مقاومة الشد ، فإذا ما كانت هذه القوة أكبر من مقاومة الخشب فإنه ينكسر.(العسيلي:2006: 57)

3. خاصية مقاومة الإنحناء bending Strength:

تعرف مقاومة الضغط الواقع في الاتجاه العمودي على المحور الطولي ، أوي المتعامد على اتجاه الحبيبات، بمقاومة للإنحناء. (السعيد:2004: 19).

4. خاصية مقاومة القصShear Strength:

يعبر عن مقاومة الجزيئات ، المترابطة سواء بالتكوين الطبيعي أو بالوسائل الفنية (كاللصق بالغراء ، أو التثبيت بالمسامير ، أو الكوايل) ، لقوى التمزق أو الانفصال بما يعرف بمقاومة القص.
(عبدالله: 76:2014)

وتتأثر الخواص الميكانيكية للخشب نتيجة لعوامل التلف المختلفة المحيطة به من مهاجمة البكتريا والفطريات والحشرات التي تعمل على تحطيم الخلايا الداخلية وتحمل الإنفاق والثقوب الحشرية وبالتالي تضعف من الخواص الميكانيكية وبالتالي تقلل من متانة الخشب (العسيلي2006 :227) .

إن كمية لجهد الكلي الذي تتحمله الماده حتى تصل إلى نقطة الإنهيار تعتبر مقاسًا للقوى المكانيكية فالخشب الذي ينكسر فجأة بعد تعرضه لقليل من الثني يعتبر هشًا في حين أن الأخشاب التي تنثني لمدى واسع ويحدث الكسر فيها تدريجيا تعتبر أخشاب صلبه .(العسيلي: 228:2006).

أنواع الأخشاب التي شاع استخدامها في المباني التراثية

1- الصنوبر Pine wood :

عرفت شجرة الصنوبر بأنها دائمة الخضرة وكبيرة الحجم وخشب الصنوبر خشب خفيف، ومتين يتميز بإمكانية تشغيلة بسهوله، الإنتشار الواسع ويستعمل خشب الصنوبر في البناء وصناعة السفن، كما يستخدم في ويستخدم في أشغال العمارات كالأبواب والنوافذ والأرضيات وأدوات البناء ، كما يدخل في الصناعة الداخلية لأثاث وتختلف أسماء ألواحه تبعاً لمقاساته، الصورة (6) تبين خشب الصنوبر.
(سعود:2000: 172-173).



صورة رقم (6) توضح الصنوبر الأصفر

2- السويد:

يستعمل هذا النوع من الخشب في عمل الأبواب والشبابيك الأدراج والبلاط، لونه أصفركما هومبين في الصورة (7) ومائل للإحمرار.(محمد:2008: 37)



صورة رقم (7) توضح خشب السويد

3- الحور:

شجرة الحور لحائية خشبها ذو لون أبيض مائل إلى الإخضرار، طري وخفيف سهل الشق لين رغم تماسك أليافه خفيف الوزن لونه أبيض يميل إلى الأصفرار قليلاً صورة (8) تبين خشب الحور - خال من العقد. (محمد:2008: 38).



صورة (8) خشب الحور

4- الزيتون:

يستخدم هذا النوع من الأخشاب في أشغال التطعيم والخراطة وأعمال التحف وهو صلب لونه أصفر فاتح يميل إلى اللون البني وتعاريق أليافه غامقة اللون وظاهرة وتعطي منظراً جميل.

http://kenanaonline.com

5- الصفصاف :

شجرة كبيرة الحجم - أخشابها سهلة التشغيل خفيفة الوزن لذلك تصنع منها مجاذيف المراكب كما يستخدم في الحفر على الخشب وخشب الصفصاف أبيض اللون يميل قليلاً للحمرة يظهر في الصورة (9). ومن أهم خصائص خشب الصفصاف أنه يمتاز باللون افاتح ونعومة الملمس وهو خشب لين قابل للأصابة بالحشرات والفطريات. وقد أستخدم خشب الصفصاف في صناعة الأثاث والأدوات الزراعية.(العسيلي:2006: 164).



صورة رقم (9) توضح خشب الصفصاف

6- الليمون:

أصفر اللون متماسك ومندمج الألياف قابل للصقل واللمعان يعطي منظراً جميلاً بعد دهانه بالإستر، أليافه غير ظاهرة ويستخدم في أغراض التعطيم وخراطة الأخشاب والأشغال الدقيقة (السعيد:2004: 20)

7- البلوط:

خشب البلوط من الأخشاب الصلده الجامده المرنه كما أنه يعتبر ذو سطح أملس ولون مائل الى البياض المحمركما تبينه الصورة (10) وهو يستخدم فى صناعه القطع الخشبيه التى تحتاج الى مقاومه مرتفعه للضغط والى مرونه كبيرة وهو سريع الالتصاق وقليل التشقق وذو مقاومه كبيرة لجهد القص الذى يطبق فى اتجاه الالياف الا انه لا يمتلك مقومه كبيرة للجهود المطبقه عليه بشكل قطرى او مركزى ولكل هذا فان خشب البلوط يستخدم فى أرضيات المباني، وفي الأثاث والابواب والشبابيك.

(السعيد:2004: 21-22)



صورة (10) توضح خشب البلوط

8- الشوح :

خشب أبيض اللون طري وخفيف، اقل صمغاً من الصنوبرويستعمل بكثرة في البناء، أقل جودة من الصنوبر لوجود العقد .(سعود:2000: 173).

9- خشب السرو :

يتواجدبأعداد كبيرة بالأردن وخاصة في المنطقة الشمالية منها في منطقة لواء بني كنانة ويتميز بالصلاده والجوده والنعومه ومقاومه الحشرات ويحتمل استيراده من سوريا ويمتاز بمتانه اليافه وعدم تاثره بالحشرات لقله الماء بداخله.

(العسيلي:2006: 161).

10- الجوز:

وهو خشب سهل التشكيل ، لونه أحمر يميل إلى البنفسجي والصورة (11) تبين خشب الجوز .



صورة (11) توضح خشب الجوز

11- **خشب الارز :**

يعتبر خشب الارز من اخشاب الاشجار المخروطيه وله لب ولحاء خشبها أصفر مائل للبياض كما في الصورة (12) ويتميز بانه مختلف فى نسيجه وان لونه يندرج من الابيض الى البنى المحمر وحبيباته مغلقه جدا كما انه قليل التلف والانكماش .(العسيلي:2006:170)



صورة (12) خشب الأرز

12- خشب القرو:

من أنواع الأخشاب المستخدمة بكثرة أعمال النجارة سواء لتشغيل الأثاث ، أو لأشغال العمارة ،والديكور أو النجارة البحرية ، كما يدخل في أعمال الأشغال الخشبي الأخرى كالحفر و الخرط ، و يعد خشب القرو من أجود الأخشاب وأكثرها مقاومة للتأثيرات الجوية وخاصة الأجواء الباردة المشبعة الصورة (13) تبين خشب القرو.(محمد:38:2008)



صورة رقم (13) توضح خشب القرو.

الفصـــل الثـــالـــث

العيوب الطبيعية للأخشاب وعوامل التلف المؤثرة عليها ومظاهر تلفها.

عيوب الأخشاب

يمكن تعريف هذه العيوب على أنها من أهم العيوب والتغيرات التي تحدث للأخشاب الطبيعية في عملية النمو وفي أثناء حفظ المواد الخشبية و كذلك أثناء الأجزاء البنائية يمكن أن تحدث انحرافات في النمو الطبيعي للخشب وهذه العيوب تعمل على إنقاص الصفات الميكانيكية للخشب .(سعود:2000: 190)

أهم العيوب الطبيعية الموجودة في الخشب:

1- العقد الخشبية Knots

تنشأ العقد من توالد الفروع من الساق الأم حيث تكون قاعدة الفرع مغمورة داخل النسيج الخشبي، وعند عمل قطاع طولي) وهو اللوح الخشب المنشور (في هذه المنطقة، تظهرفيه العقدة من خلال اتصالها بالنسيج الخشبي، حيث تعد في هذه الحالة قطاع عرضي للفرع مغمور داخل القطاع الطولي للساق، وهناك أنواع مختلفة من العقد منها العقد المحاطة بالنسيج الخشبي والعقد المتداخلة مع الألياف والصورة (14) تبين شكل العقد.(عزت قنديل:1993: 115) وهناك نوعين أساسين من العقد هما:

- **العقد الحية**: هي آثار من فروع مدفونة داخل جذع الشجرة أثناء عملية النمو. و تظهر علي شكل دوائر أو أشكال بيضاوية لونها أغمق من لون الخشب نفسه.

العقد الميتة: تتكون نتيجة وجود فرع جاف ميت و تحيط به ألياف الجذع. و يعد هذا العيب أحد العيوب الخطيرة ليس فقط من ناحية الشكل و لكن من الناحية الإنشائية فإن هذا يؤدي إلي ضعف الخشب بحيث لا يعتمد عليه كخامة إنشائية. (النجار:1981: 91-92)

إن العقد الخشبية ضارة إذ انها تفسد تجانس بنية الخشب، تنحني الألياف المحيطة بالعقد مما تخفض متانة الخشب.



صورة (14) توضح شكل العقد الخشبية

2- الإنكماش:

إن الخشب ليس من الخامات المتجانسة و بالتالي فإنه خلال عملية التجفيف ينكمش بمعدلات مختلفة تبعاً لاتجاه الألياف، من المعروف أن الخشب مادة هيجروسكوبية أى مادة محبة للماء نظراً لوجود مجاميع الهيدروكسيل الحرة على سلاسل السليولوز والهيميسليولوزات واللجنين والتى لها القدرة على تكوين روابط هيدروجينية مع الماء وإذا إمتص الخشب الماء أو بخاره من الوسط المحيط به فإنه ينتفخ وإذا فقد الخشب الماء نتيجة عمليات التجفيف فإنه ينكمش .(سعود: 2002: 195)

3- التشققات:

وتحدث نتيجة عوامل مختلفة أهمها الأنكماش الذي يحدث من أثر الجفاف الزائد أو السريع والذي يؤدي إلى تمزق الأنسجة الخشبية، وهي عبارة عن انقطاعات في بنية الخشب باتجاه الألياف والتي تشكل عند جفاف الشجرة وبتأثير العوامل الأخرى، و تعتبرالتشققات شديدة الخطورة حيث تؤدي إلي تفتت الأخشاب و تفككك أليافها سواء أثناء عملية التشغيل أو بعده. و السبب فيها اضطراب في النمو أو نتيجة لخطأ في عملية التجفيف والصورة (15) تبين التشققات في الخشب.(عبدا لله العضيبي، رشيد الرشيد:9:2005)



صورة (15) تبين التشققات السطحية في الخشب

4- التقوس: وهو نوعان:

التقوس في الطول: يحدث نتيجة للأختلاف في نسبة الأنكماش بين وجهي اللوح أثناء التجفيف.

التقوس في العرض: يحدث بسبب جفاف سطح بنسبة أكبر من السطح الآخر.(سعود:2000:193)

5- الحروق:

نجد بعض قطع الفحم تتخلل خلايا الخشب فذلك يحدث عندما تتعرض الشجرة إلي الحريق و بذلك تصاب و يستمر بعد ذلك نموها فتحيط الأألياف بذلك الجزء المحترق و تظهر عند التقطيع.

(عبدا لله العضيبي، رشيد الرشيد،2005: 9)

6- التعفن :

ترك الخشب في موقع فيه رطوبة ومن دون تهوية الرطوبة تساعد على تكون فطريات وحشرات والتي بدورها تقوم بتحويل الخشب إلى مسحوق، و هي تتلف الأخشاب و تجعلها تفقد صلابتها و تصبح غير صالحة للإستعمال.(عزت قنديل:2004: 97)

7- الإلتواء :

هو انحناء بالجذع بالنسبة لطوله، ويمكن أن يكون الإنحناء باتجاه واحد أو بعدة اتجاهات، وهذا الإلتواء يخفض من خصائص الخشب، ويسمى التفافاً ويحدث في أول أطوار نمو الشجرة لأن جذعها يكون طرياً وبخاصة إذا تعرضت للرياح الشديدة وقد يكون في جزء من الجذع أو الجذع كله.(محمد:2008: 28).

8- اللب:

عبارة عن جزء طري. و هو يظهر علي شكل شريط أغمق من لون الخشب. و يعتبر عيب لابد من الانتباه له لأن شريحة الخشب التي تحتوي علي اللب لابد لها من التقوس بطريقة ملحوظة و في بعض الأحوال ينفصل اللب كلية عن باقي الأجزاء. (تسومس:1985: 214).

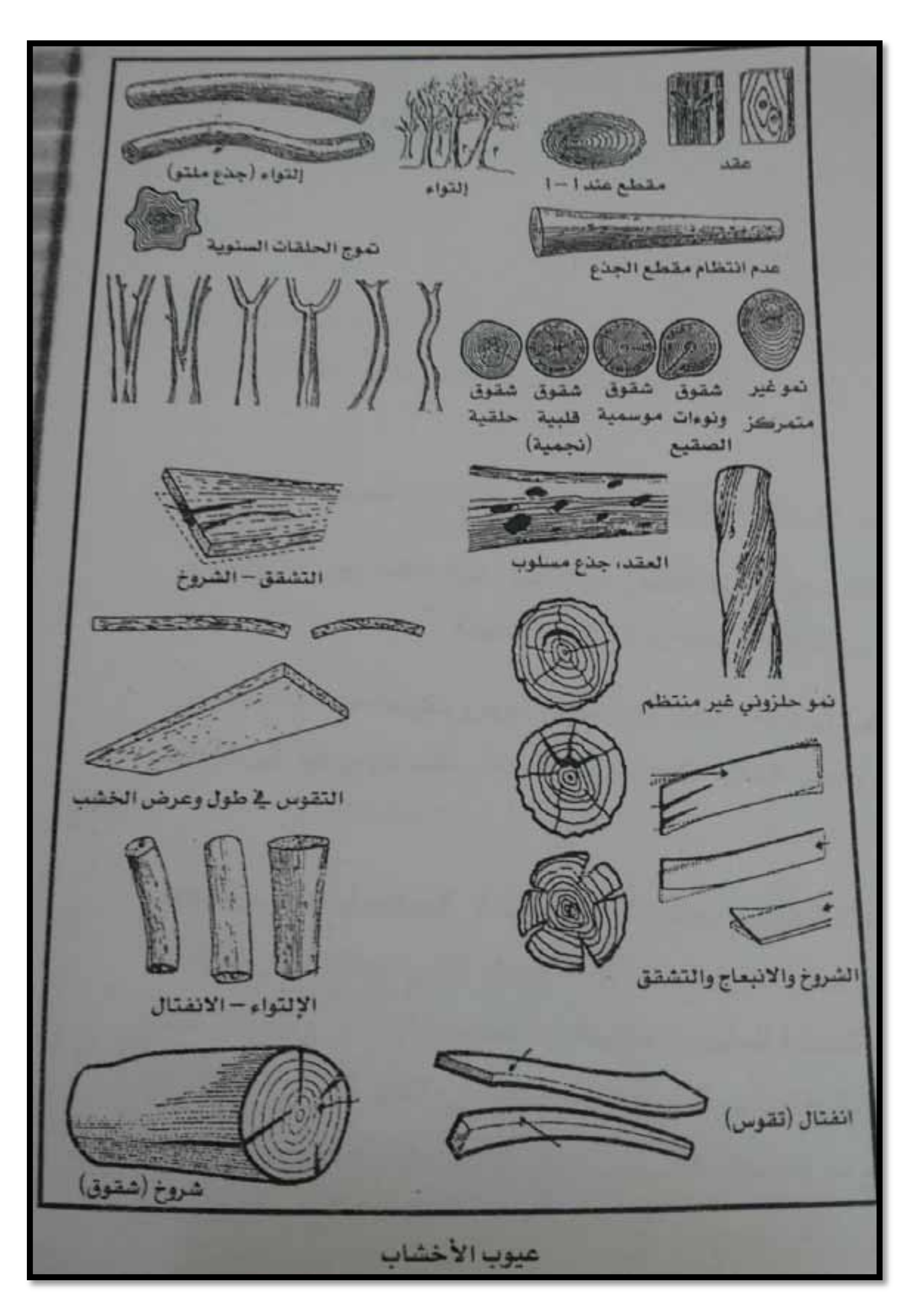
9- تقشر الألياف:

انفصال لألياف جزء من الخشب و ارتفاعه عن مستوي سطحه الأصلي. و ينتج من خطأ في التقطيع أو للاستعجال الشديد في التجفيف. و يجعل عملية المسح مستحيلة فكلما تم المسح ارتفعت الألياف أكثر. (عبدا لله العضيبي، رشيد الرشيد،2005: 9)

10- الترسبات:

هي ترسبات غير طبيعية تحدث نتيجة تسرب المواد الصمغية بسبب زيادة إفرازها في أجزاء متفرقة من الجذع مما يزيد من وزن الخشب وصعوبة تصنيعه، وخفض جودة صنفه.(محمد:2008: 29)

والصورة (16) تبين العيوب الطبيعية في الخشب .



صورة (16) تبين عيوب الأخشاب الطبيعية

عوامل ومظاهر تلف العناصر الخشبية

الخشب كغيره من المواد العضوية يتأثر بشكل كبير بالتغيرات، سواء التغيرات الفيزيائية أوالتغيرات الكيميائية أو البيولوجية، وهذه التغيرات إما أن تحدث في وقت واحد أو تتم بتتابع دقيق تؤدي في النهاية إلى تدمير مادة الخشب.

إن تلف المواد العضوية النباتية يعتمد أساساُ على التفاعلات الداخلية للسليلوز والمركبات العضوية الأخرى.

قد يشترك أكثر من عامل من عوامل التلف مع بعضها البعض في إحكام دائرة التلف حول الأثر ويمكن ملاحظة أن عوامل التلف يمكن أن تكون من داخل الأثر نفسة أو من البيئة المحيطة.

الأخشاب ذات حساسية كبيره لعوامل التلف المختلفة ، وأنها ذات طبيعة هيجروسكوبية حيث تحتوي على نسبة عالية من الماء الحر الموجود بين وداخل الخلايا فإنها تتعرض لعوامل تلف تؤدي بها إلى التحلل والتدمير.

ولا يمكن عمل تسلسل لأهمية عوامل التلف التي تتعرض لها الأخشاب ، وبذلك يمكن القول أن تلف الأخشاب يعتمد أساساً على التفاعلات الداخلية للسيلولوز والمركبات العضوية الآخرى وهذه التفاعلات ناتجة عن البيئة المحيطة وينتج عنها الهشاشية وتغير اللون، والتلف يتمثل في التغير اللوني، والتلف في التركيب الجزيئى.

ويمكن بناء على ذلك توقع سرعة معدل الأكسدة والتحلل المائي وخاصة بالنسبة للسطح هذا بالإضافة إلى الأثر قد يوجد تحت سطح التربة التي تؤدي إلى تلف الخشب الذي عاش فترات طويلة جداً من الوقت متعرض للتربة مما يساعد على تحطيم الفطريات والبكتريا للخشب.

ولذلك يمكن تقسيم عوامل التلف المؤثرة على الأخشاب إلى :

- عوامل تلف داخلية Internal Deterioration Factors
- عوامل التلف الخارجية External Deterioration Factors

أولاً :عوامل التلف الداخلية Internal Deterioration Factors

هي عبارة عن عيوب موجوده أصلاً في الأخشاب التي أستخدمت في عمل الأبواب والشبابيك،وهذه العيوب هي:

أ- عيوب النمو Growth Related Defects

هي العيوب الناشئة في ظروف نموية تغير في صفات الأخشاب، وتقلل من صلاحيتها وتساعد على سرعة تلفها عند استعمالها أو تعرضها لعوامل التلف المختلفة.(عزة قنديل: 1993، 109).

- **عيوب اتجاه الألياف وترتيبها في الأخشاب.**

Defects of Grain Direction and orientation in wood

يعني أن أي انحراف في الاتجاه المستقيم لألياف الخشب سوف يكون عيباً يقلل من متانة الخشب.(تسومس: 1985: 180).

هناك تباين شديد في نوعية ترتيب الألياف بين أنواع الأخشاب المختلفة وداخل النوع نفسة هناك تباين، ومن الأمثله على ذلك:

1- الترتيب المتشابك Interlocked Design:

وهو ما يحدث عند نشر الأشجار التي بها ترتيب منعكس ملتف الألياف، حيث تظهر الألواح في القطاع الطولى كأنها مخططة طوليا كما في أخشاب الماهوجني، يؤدي هذا الترتيب إلى انخفاض صلابة الخشب ومقاومة للإنحناء وزيادة مقاومة الإنفصال.(عزة قنديل: 1993: 110).

2- الترتيب الحلزوني Spiral Design:

تترتب فيه الألياف داخل السيقان الشجرية بشكل حلزوني، وهو ما يحدث في العديد من أنواع المخروطيات، وفي بعض أنواع الأخشاب الصلدة يؤدي هذا الترتيب إلى خفض متانة الخشب، إلى حدوث خشونة في سطح ألواح الخشب.(محمود:2002:52).

3- الترتيب المتقاطع والمائل للألياف Cross and Diagonal Design

الترتيب المتقاطع حيث ينحرف اتجاه الألياف ليصبح متقاطعا مع اتجاه محور الخلايا الخشبية نفسها نتيجة عيوب في الساق الشجرية أو انحرافات الترتيب، بينما الترتيب المائل للألياف أو قد يحدث عندما يتم نشر الألواح في اتجاه موازي للنخاع مع تقاطع سطح الألواح مع اتجاه الألياف، ويعتبر عيباً في الخشب يعمل على انخفاض متانة الخشب . (النجار:1981: 92)

- **أجهادات النمو في الخشب Growth stresses in wood**

يحدث بعض الإجهادات للأخشاب خلال نموها الطبيعي هذه الإجهادات تنشأ من ترسب اللجنين، وبلمرته في الجدار الثانوي في مرحلة نضج الألياف تحدث تقلصا في طول الألياف وتمددا في عرضها، حيث يسبب الانكماش في الطول إجهادات شد طولية علي اسطوانة النسيج الخشبي المحيط داخل الجذع، وبالتالي فأن كل حلقة نمو سنوية تضاف للنسيج تضيف إلى جهد الشد الطول، وتحدث انضغاطات في الأنسجة السابقة لها في مركز الساق محدثة إجهادات انضغاطية ناحية القلب مع زيادة النموالقطري. وكنتيجة لتولد إجهادات النمو الطولية تحدث إجهادات نمو عمودية علي اتجاه الألياف، وبالتالي فأن الجزء الخارجي من الساق يتعرض لإجهادات نمو انضغاطية في حين أن الجزء الداخلي يتعرض لإجهادات نمو من نوع الشد. (عزيزحنا:1998: 115).

- **العقد الخشبية wood knots:**

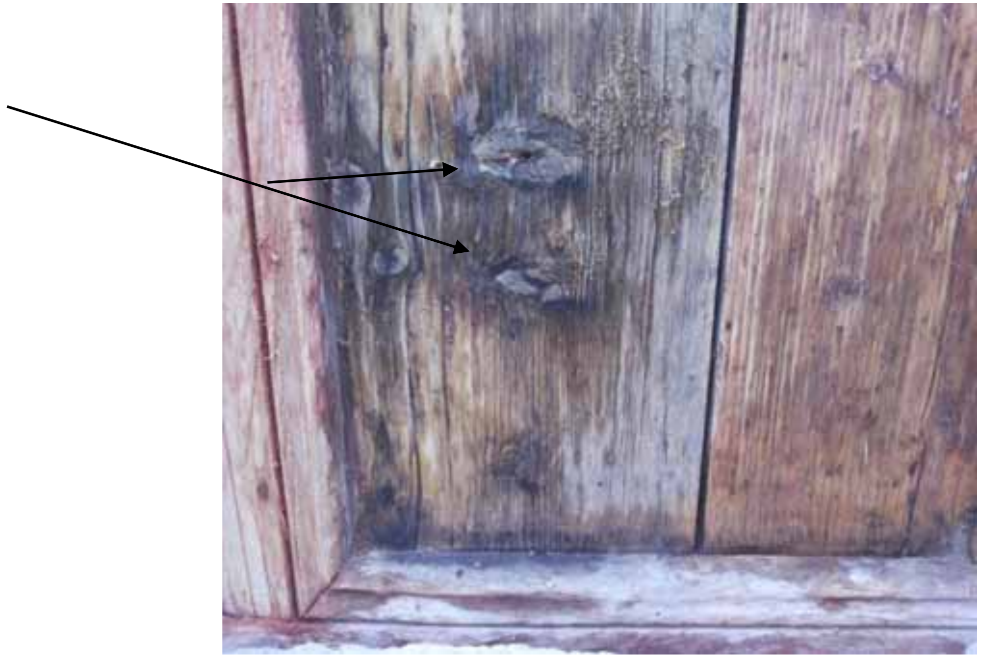
تتكون نتيجة توالد الأغصان وتنمو مع الأخشاب كجزء منها.(محمد: 2008: 28). تكون قاعدة الفرع مغمورة داخل النسيج الخشبي، وعند عمل قطاع طولي (وهو اللوح الخشب المنشور) في هذه المنطقة، تظهرفيه العقدة من خلال اتصالها بالنسيج الخشبي كما هو مبين في الصورة (17)، حيث تعد في هذه الحالة قطاع عرضي للفرع مغمور داخل القطاع الطولي للساق. (عزت قنديل: 1993: 115).

وهناك أنواع من العقد الخشبية:

أ- العقد المحاطة بالنسيج الخشبي كما تظهر في الصورة (17).

ب- العقد المتداخله مع الألياف.

ت- العقد المتكونه بسبب آثار باقية لفروع تمت ازالتها خلال عمليات التأقليم الطبيعي أو الصناعي. (تسومس:1985: 212).



صورة (17) تبين العقد الخشبية

- **هشاشة الأخشاب Brashness**:

وهي عبارة عن عيوب طبيعية بالأخشاب تؤدي إلى هشاشة الخشب ويصبح قليل المتانة، وإمكانية كسره على درجات منخفضة من القوه حيث يعطي عند الكسر سطحا شبه أملس، ومن أسباب هشاشة الخشب نقص الثقل النوعي، وانخفاض نسبة السليلوز كما في حالة خشب الإنضغاط. (النجار: 1981: 92).

أ- عيوب التصنيع Processing Defects:

يقصد بها العيوب التي تحدث نتيجة تصنيع الأخشاب بعد قطعها من تجفيف ونشر وتجهيز صناعي، ويمكن تلافيها أو التقليل من تأثيرها بإتباع الطرق التكنولوجية الملائمة. (عزت قنديل: 1993: 125).

تتضمن عيوب التصنيع:

- **عيوب التجفيف Seasoning Defects:**

وهي العيوب التي تنشأ خلال عمليات التجفيف ويمكن ذكرها كما يلي:

أ- **التشققات السطحية:**

وهي عبارة عن انهيارات تحدث في الأخشاب المنشورة بطريقة على سطحها، وهذه الانهيارات تحدث في المراحل الأولي للتجفيف وقد تحدث بعد ذلك، وهي ترجع إلى الجفاف السريع للسطح الخشب لوجوده في وسط ذي رطوبة نسبية منخفضة خاصة إذا ما كانت الألواح ذات سمك كبير وتبين الصورة (18) الشقوق السطحية. (عزت قنديل: 1993: 125).



صورة (18) تبين الشقوق السطحية في الخشب

ب- **تشققات النهايات:**

وهي مثل التشققات السطحية من حيث حدوثها ويمكن تجنبها بتغطية نهايات القطاعات الخشبية السميكة بشمع البرافين .وعند امتداد التشققات من النهايات فإن هذا يؤدي إلى حدوث انغلاق بالنهايات كماهو مبين في الصورة (19).

(عزت قنديل: 1993: 126).



صورة (19) تبين شقوق النهايات

ث- تداعي النسيج الخشبي وانهياره:

عبارة عن عيب ناشئ عن تباين الانكماشات خلال التجفيف يتم فية تحطيم الجدر الخلوية ، وهو يحدث عندما تزيد اجهادات التجفيف الانضغاطية عن قوة مقاومة الانضغاط بالجدر الخلوية فتنهار هذه الجدر وهو يحدث عادة في المراحل الأولي لعملية التجفيف، وأحد مسبباته قوي الجذب السطحي للماء الحر المتحرك في الفجوات الخلوية للجدار، وفي هذه ويعد هذا العيب من أخطر العيوب، ويمكن تجنبه بتجفيف الخشب هوائيا قبل تجفيفه بالأفران. (قنديل،أبو الحسن: 1993: 126).

ج- انهيار عش النحل:

يحدث في شكل انهيارات تظهر بالقطاع الموازي للأشعة، وسببها انهيارات في الشد العمودي علي اتجاه الألياف، وتنتج عن استخدام درجات حرارة مرتفعة في التجفيف بالأفران لفترات طويلة مع الأخشاب ذات المحتوي الرطوبي العالي، ويمكن تجنب هذا العيب بالتحكم في ظروف التجفيف حتى يفقد الخشب الماء الحر تباعا، وعادة ما تكون الانهيارات واضحة في تكوين شروخ عسل النحل السطحية.

(عزت قنديل، 1993: 127).

د- **تشققات القلب Boxed-Heart split**:

وهي تحدث في مراحل التجفيف الأولي، وتزيد بزيادة تجفيف الخشب فيتكون انغلاقا رئيسيا يمر بقلب القطعة الخشبية،وهي عادة ما تنشأ نتيجة لتباين الانكماش القطري والمماسي في المنطقة المحلية بالنخاع الخشبي.

(عزيزحنا: 1998 :57).

ه – **تشوهات الالتواء Warp:**

وهي تشمل العديد من العيوب مثل الالتواء والالتفاف والتقعر كما هو مبين في الصورة (20) وهذه العيوب تحدد نتيجة استمرار تجفيف الخشب، وتؤدي إلى تشوه شكل القطع الخشبية نتيجة للتباين ما بين مقدار الانكماش المماسي والقطري .

(سعود:2000: 193)



صورة (20) توضح الإلتواء في اللوح الخشبي

و- الانـهيارات الحلقية :

تحدث موازيه للحلقات السنويه وهي تشبه التشققات الحلقيه التي تحدث في الأشجار خلال نموها. يمكن التحكم بهذا العيب تقليله عن طريق تغطية النهايات مع إستخدام درجات حرارة منخفظة، ورطوبة نسبية مرتفعه عند بدأ التجفيف. (النجار:1981:92).

- **عيوب التجهيز الميكانيكي للأخشاب:**

وهذه العيوب تنتج عن المعاملة غير السليمة للأخشاب بعد القطع من سوء تخزين وتجفيف الأخشاب، وتظهر هذه العيوب بوضوح خلال نشر الأخشاب وتصنيعها، ومعظمها يتعلق بإتجاه الألياف والنسيج الخشبي من الناحية السطحية.(عزت قنديل: 1993: 130).

وهذه العيوب تتضمن :

أ- الألياف الوبرية او الشعشاء Fuzzy Grain

هذا يظهر على سطح الألواح المنشوره ناتجا عن تقاطع مجاميع الألياف عند تجهيزالسطح ميكانيكيًا وتنعكس مع إتجاه السطح مكونة نتؤات ذات مظهر وبري على السطح وهي عبارةعن تجمعات من الالياف تنتج من خلال تحرر اطراف هذه الألياف من السطح الخشبي خلال عملية المسح الميكانيكي أو الصنفرة والتي تزداد مع إرتفاع الرطوبة بالأخشاب. (عزت قنديل: 1993: 131).

ب- **الألياف المرتفعة عن السطح Raised Grain**:

وهي ترجع إلى انفصال مساحات من السطح الخشبي في شكل رقائق لترتفع نافرة من السطح المجهز ميكانيكيا، وهي ترجع أساسا إلى الضغط الشديد و الضربات المتتالية التي قد تحدث من أسلحة الفارة أو من الصنفرة الميكانيكية. (عزت قنديل: 1993: 131).

ت- الألياف الممزقة والمشققة Torn and chipped grain:

هذا العيب يرجع إلى التجهيز الميكانيكي الناتج عن أسلحة قطع غير حادة، وكذلك عند استخدام أخشاب ذات محتوي مائي أقل من ٥%، أو عند إدخال الأخشاب بطريقة سريعة في ماكينات مسح الأخشاب، ويمكن تلافي هذا العيب بعكس اتجاه تغذية اللوح داخل الماكينة. (عزت قنديل: 1993: 132).

- **عيوب الصناعة Workmanship Defects:**

وتشمل هذه العيوب استخدام نوعيات رديئة أو ضعيفة من الأخشاب كما هو مبين في الصورة (21) ، أو استخدام أنواع مليئة بالعقد الخشبية، أو استخدام أخشاب مصابة بناخرات الأخشاب.
(عزيزحنا:58:1998).



صورة (21) توضح انكسار احدى الجسور الخشبية بالسقف

ثانياً :عوامل التلف الخارجية External Deterioration Factors

تتعرض العناصر الخشبية العضوية للكثير من التغيرات هذه التغيرات سواء كانت فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية تعتمد على الخصائص المقاومة الذاتية للخشب ولا يمكن عمل تسلسل لأهمية عوامل التغير، وبذلك يمكن القول أن تلف الأخشاب يعتمد أساساً على التفاعلات الداخلية للسليولوز والمركبات العضوية الأخرى وهذه التفاعلات ناتجة عن البيئة المحيطة مثل الرطوبة والحرارة والضوء والأملاح، والتي وينتج عنها مظاهر تلف مختلفة مثل: الهشاشية وتغير اللون.

تتمثل عوامل التلف الخارجية بما يلي :

1) الرطوبة Humidity

هي كمية الماء المنتشرة على هيئة بخار في الهواء ويعبر عن الرطوبة (Humidity) بعدد غرامات بخار الماء المحتوية في داخل م^3 من الهواء وهذه الرطوبة المطلقة أو النسبية .(العسيلي:198:2006).

تلعب الرطوبة النسبية دورًا هامًا في تعرض العناصر الخشبية للتلف حيث أن التأثير الفيزيائي لها يعد أهم أدوارها، إن التغيرات في معدلات الرطوبة بين الإرتفاع والإنخفاض يؤدي إلى إنتفاخ وإنكماش المواد الهيجروسكوبية (الأخشاب)، وهذا يؤدي إلى ضعف قوة ومرونة الأخشاب.

(Brommelle, N. S: 1979:297)

والخشب مادة هيجروسكوبية، تستجيب للتغيرات في الرطوبة النسبية، حيث تتصل جزئيات الماء بواسطة الروابط الهيدروجينية بمجموعات الهيدروكسيل لمكونات جدر OH الخلية خاصة السليلوزوتعتمد كمية الماء الممتص للخشب علي طول وكبر مجموعة الهيدروكسيل المعرضة لجزيئات الماء.
(عبد الله عبد الحميد:2009 :95).

❖ **مصادرالرطوبة:**

- مياه الأمطار Rain Water: يتم إنتقال مياه الأمطار من الأرض إلى الجدران بواسطة الخاصية الشعرية ومنها إلى العناصر الخشبية.(العسيلي:2006: 53).

- المياه الأرضية Ground water :تتسرب المياه الأرضية من التربه إلى أساسات المباني الأثرية عبر المسام والشقوق في هذه المواد وتصل إلى العناصر الخشبية.(محمد عبدالله:2012: 93).

هناك تأثيرلإرتفاع نسبة الرطوبة على الأخشاب Effect of high Relative Humidity

نظراً لأن الخشب كما ذكرنا من قبل من المواد الهيجروسكوبية فإنه يمتص أو يفقد الرطوبة من البيئة المحيطة به، وبناء على تغيرات الرطوبة في الهواء المحيط فإنه بإرتفاع أو إنخفاض الرطوبة يحدث تغيرات على الخشب إما إنتفاخ أو إنكماش، وحيث تقوم جدران الخلايا بإمتصاص الماء للخشب والتي تختلف في حالة إنخفاض نسبة الرطوبة المحيطة. (عبدالله:2012:102)

يتسبب الإرتفاع في الرطوبة النسبية في تمدد الخشب وتغير في أبعاده ويقل احتمال حدوث التلف الفيزيائي، ولكن هذه الظروف تكون مثالية لنمو الفطريات. وتعتبر أيضا مساعدة في زيادة الأضرار الناتجة عن غازات التلوث الجوي.(Thomson, G : 1989: 66)
وهذا يؤدي إلى تغيرات في حجم الخشب والذي بدوره يحدث توترات داخلية ينتج عنها تشققات وتشوهات (بينونه:1989:43)

مظاهر التلف الناتجة عن زيادة الرطوبة النسبية:

1- زياة في وزن الأخشاب ناتج عن انتفاخ الخشب بفعل إمتصاصه للرطوبة، والتي تؤدي إلى حدوث بعض التلف في الخشب عند جفافه مثل الإلتواء.
2- ذوبان المواد اللأصقة حيث يصبح الخشب طرياً ويتحلل ويفقد قدرته اللاصقة عند تعرضه لرطوبة مرتفعه.
3- حدوث إصابات ميكروبولوجية.
4- إذابة الغازات الملوثة للهواء، وتكون الأحماض المتلفة لمكونات الخشب.
5- ظهور شقوق وإنفصالات في الألواح.

(محمد علي:2007 :296).

تأثير الإنخفاض في الرطوبة النسبية Effect of high Relative Humidity

عندما يحدث إنخفاض لدرجة الرطوبة في الوسط المحيط بالأخشاب، والتي تكون غالبًا مرتبطة بإرتفاع درجة الحرارة، فإن الماء الحر الموجود داخل الخشب يتبخر وينتج عن ذلك جفاف الأخشاب.

كما يؤدي الإنخفاض في درجة الرطوبة النسبية إلى حدوث إنكماش وإعوجاج وشروخ ناتجة عن إجهادات الجفاف الشديدة.(عبدالله عبد الحميد:2009:95)

مظاهر التلف الناتجة عن إنخفاض الرطوبة النسبية:

1- إنخفاض الرطوبة النسبية هو الإنكماش لألياف الخشب حيث تختلف معدلات الإنكماش لتلك الألياف.
2- حدوث إعوجاج وشروخ مختلفة ناتجة عن إجهادات الجفاف الشديدة.
3- تشقق الطبقة السطحية للأخشاب
4- الجفاف الزائد يؤدي إلى جفاف اللواصق المستخدمة مع الأخشاب وخاصة الطبيعية مما يؤدي إلى هشاشة المادة اللاصقة وبالتالي فقد قوتها اللاصقة.

(Werner, A.:1979:270)

2) الحرارة Temperature:

تلعب درجة الحرارة المحيطة بالعناصر الخشبية دورًا هامًا في تلف الأخشاب نظرًلحساسية الأخشاب الشديدة للتغيرات في درجة الحرارة نتيجة لخاصيتها الهيجروسكوبية، وترتبط درجة الحرارة ارتباطًا وثيقًا بعامل الرطوبة النسبية ويتوقف تأثير كل منها علي الآخر حيث أننا نجد أنه في حالة ارتفاع الرطوبة النسبية تنخفض درجات الحرارة والعكس صحيح.

أهم مصادر الحرارة:

- مصادر الضوء المباشرة مثل الشمس.
- الجو الخارجي في حالة المناطق المفتوحة.

(محمد علي : 2007: 298).

❖ **التأثيرات التي تحدثها الحرارة في الآثار الخشبية:**

- تأثير الحرارة المرتفعة Effect Of High Temperature :

عند درجات الحرارة المرتفعة يقوم الخشب بإمتصاص الحرارة وهذا يؤدي إلى حدوث إثارة داخل وبين الجزيئات نفسها وبالتالي سوف يؤثر على المكونات الأساسية للخشب (السليلوز –الهيميسليلوز- اللجنيين) تأثيرًا كبيرًا، ما يؤدي إلى فقدان في وزن الخشب.

بزيادة فترة التعرض لدرجات الحرارة يفقد الخشب خواصة الطبيعية فيصبح هشاً وضعيفاً يسهل كسره وخدشه، وتقل صلابته، وتنفصل أليافه بسهولة.

كما يؤدي ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى جفاف الخشب فيؤدي إلى تفتته وتشققه، كذلك يؤدي إلى سرعة ومساعدة حدوث التفاعلات الكيميائية ، ويساعد أيضًا على نمو بعض الكائنات الحية الدقيقة والحشرات المحبة لدرجات الحرارة العالية والمتخصصة في تحليل السليلوز، وكذلك تؤدي إلى انتشار الحموضة وتكونها.

(عبدالله : 2012: 108-109).

تحدث التغيرات المرئية البطيئة للأخشاب كما يلي:

- تغيرات لونية : حيث يتحول الخشب إلى اللون البني.
- فقدان في قوة الخشب.
- يصبح السطح الخارجي للخشب ضعيف وخشن.
- نقصان في الوزن.
- تصاعد الغازات المتكونة بسبب الحرارة ومنها اول وثاني أكسيد الكربون CO_2 ، CO وغاز الميثان وبخار الماء.(العسيلي: 2006 :53).

- تاثير درجات الحرارة المنخفظة Effect Of Low Temperature

عند انخفاض درجات الحرارة وارتفاع درجات الرطوبة سوف يبدأ الخشب بإمتصاص الرطوبة من الوسط المحيط وعند وصوله إلى درجة الإشباع يبدأ التلف فيزيائيًا وكيميائيًاً وميكانيكيًا، فتبدأ ألياف الخشب بالتمدد وتتعرض المادة اللاصقة إلى الإذابة وتبين الصورة (22) تأثير الحرارة على الخشب.(العسيلي:2006:54)



صورة (22) توضح القشور اللونية الناتجة عن تأثير اختلاف معدلات درجات الحرارة

3) الضوء Light

الضوءهو عبارةعن موجات كهرومغناطيسية، توصف هذه الموجات حسب طولها الموجي بوحدة الأنجستروم.(محمدعلي:2007: 299).

إن الأشعة الشمسية بمكوناتها من أشعة فوق بنفسجية وضوء مرئى وأشعة تحت حمراء تساهم بشكل خطير في حدوث تلف للأخشاب وكذلك ما يظهر على الأخشاب من تحول في درجات اللون من الأصفر إلى البني ويتحول بعد ذلك إلى اللون الرمادي يكون بسبب الأشعة الشمسية وذلك مع ارتفاع الرطوبة النسبية المحيطة ويرتبط هذا التغير اللوني بتحلل اللجنين لأن الأشعة فوق البنفسجية تنشط أكسدة اللجنين وبعض الهيميسليلوز في خلايا الخشب.(نبيل الحديدي:1997: 13).

يتوقف تأثير الضوء على الخشب على عدة عوامل وهي كالآتي:

- قوة ونوع الإضاءة.
- مدة التعرض للضوء.
- حساسة الخشب للضوء.
- درجة الحرارة.
- تركيب الهواء المحيط بالخشب من حيث تركيز غاز الأكسجين وتجدد الهواء.
- الرطوبة النسبية .
- المركبات العضوية الداخلة في تركيب الخشب.

(عبدالله:113:2012).

جدول (1) يوضح معدل التلف الناتج عن تأثير الإضاءة من خلال مصادره المتنوعة

(Frank, M. Howie: 1992:18**)**

معدل التلف	مصدر الإضاءة
%100	Vertical sky light إضاءة طبيعية عمودية open
%34	Vertical sky light إضاءة طبيعية عمودية في وجود نافذة زجاجية window glass
%9	إضاءة طبيعية عمودية في وجود نافذة ماصة للأشعة البنفسجية Vertical sky light. Uv-absorbing flexi glass
%9	Fluorescent lamp ضوء فلورسنت
%3	Incandescent lamp ضوء حراري

4) التلوث الجوي Air Pollution

ويقصد بالتلوث الجوي وجود واحد أو أكثر من الملوثات مثل الأتربة والأدخنة والروائح والأبخرة وما تحمله من الكائنات الدقيقة، حيث يؤثر التلوث الجوي على المباني التراثية.

(الحجاز، القاضي، عز الدين 2003: 21)

يعرف التلوث الجوي على إنه تغير في نسب الغازات التي تشكل الغلاف الجوي ومكونات الهواء الجوي، ومكونات الهواء الجوي هي:

- غاز النيتروجين ويمثل حواي 78%
- غاز الأكسجين ويمثل حوالي 21%
- غاز ثاني أكسيد الكربون ويمثل0.03 %
- بخار الماء ويمثل 1-3 %
- الغازات الخاملة مثل النيون والهيليوم والكريبتون والزينون. (الخطيب 2000: 20).

أن تأثيرغازات التلوث الجوي يكون متداخلًا مع العوامل الجوية الأخرى ولا يمكن فصل تأثير كل عامل بعينه علي حدا وهذا يعني أن تفاعل الملوثات الجوية في الهواء يؤدي إلى تكوين غازات تلوث جديدة متلفة للخشب. هناك غازات غير نشطة نسبيا تبقي معلقة في الهواء دون إحداث أي ضرربالخشب، ما لم تتفاعل مع عوامل التلف الأخرى ومنها غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 وأول أكسيد الكربون CO و غاز الأمونيومNH_4 و وغاز أول أكسيد النتروجين NO وأول أكسيد الكبريت SO_4 .

(Spading, D. J: 1970: 143-145)

ـ التلوث بمواد صلبة معلقة:

تتمثل بما تحمله الرياح من الدخان والأتربة وحبيبات رمال وأتربة الإسمنت وأتربة المبيدات الحشرية.

ـ مواد غازية أو أبخرة سامة وخانقة:

الكلوروأول أكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت والأوزون.

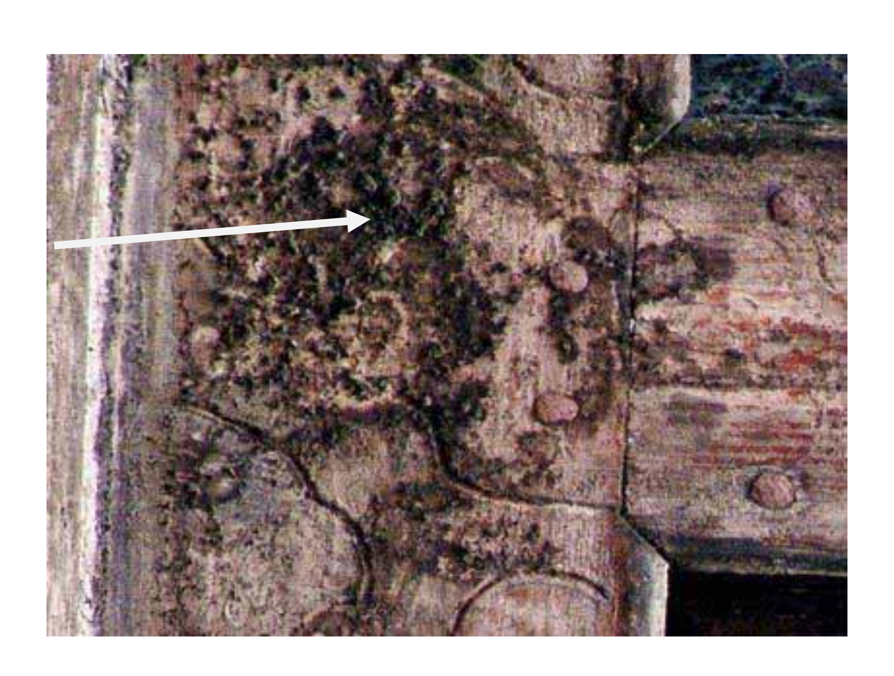
الكائنات الحية الدقيقة:

هي الكائنات الناتجة من تحلل النباتات والحيوانات الميته والنفايات الآدمية. (محمد علي: 2007: 301)

تأثير التلوث الجوي على الأخشاب:

يشكل تأثير التلوث الجوي خطورة كبيرة على الأخشاب، وذلك تكون الغازات السامة عالقة بالهواء وعند تواجد الرطوبة سوف تتشكل الأحماض والتي تحدث تفاعلات كيميائية بينها وبين مكونات الخشب سواء كان على سطح الخشب أو ما ينفذ من هذه الغازات إلى الداخل وبالتالي يؤدي إلى تدمير كيميائي للخشب وزيادة نسبة الحموضة في البيئة في البيئة المحيطة به مثل: حمض الكبريتيك، ومع وجود الرطوبة فإن الغبار والسناج يلتصقا بسطح الخشب وتغطي ما عليه من نقوش وألوانكما هو في الصورة (23).

(محمد علي:2007: 301)



صورة (23) توضح طبقات الاتساخات التى تغطى سطح الخشب بتأثير التلوث الجوى

5) العوامل الكيميائية

هي تلك المواد التي تتفاعل مع مكونات الخشب خاصة السليلوز والهيميسليلوز واللجنين والمواد البكتينية وقد تكون العوامل الكيميائية غازية أو سائلة أو صلبة ومن أمثلتها الأحماض، القلويات، المواد المؤكسدة أو الإنزيمات التي تفرزها الكائنات الحية الدقيقة إلا أنها تتفاعل مع مكونات الخشب ومدى تفاعلها وتأثيرها على مركبات الخشب. (عبدالله:2012: 117).

وتتأثر المركبات التي تدخل في تركيب الخشب بالعوامل الكيميائية فيتأثر السليلوز من خلال عمليات الأكسدة إلا أن جزيئات السليلوز لا تمر بعمليات الأكسدة الذاتية في درجة الحرارة العادية وتؤدي عملية أكسدة البوليمرات ذات درجة التبلمر الكبيرة إلى كسر السلاسل الكيميائية وهذا بدوره له أثر كبير على التغير في الخصائص الفيزيائية كما تؤدي إلى أكسدة اللجنين إلى مركبات ذات لون بني مائلة للإصفرار بالإضافة إلى مركبات حمضية و للعوامل البيولوجية أثر أكبر من تأثير العوامل الكيميائية على الخشب ويظهر الخشب مقاومة جيدة للتحلل عند تعرضه لكثير من المركبات الكيميائية المخففة. (العسيلي:2006: 54)

تأثير الأنزيمات على الأخشاب:

تعتبر العوامل المساعدة من المركبات التي تسرع من معدلات التفاعل الكيميائية وتشترك العوامل المساعدة البيولوجية أو الأنزيمات في معظم التفاعلات الكيميائية للأنظمة الحية وتفرز الكائنات الحية الدقيقة الأنزيمات التي تهاجم المركبات المكونة للخشب كي يتم تكسيرها وتتمكن الكائنات الحية الدقيقة أن تتغذى عليها وتنقسم الإنزيمات إلى ستة مجموعات أساسية:

1- Oxido-Reductases
2- Transferases
3- Hydrolyses
4- Lyases
5- Isomerases
6- Ligases (Synthetases)

(عبدالله:2012: 131-132)

تأثير القلويات على الأخشاب:

بوجه عام تؤثر القلويات على الأخشاب أكثر من الأحماض خاصة عند درجات الحرارة العالية والتركيزات المرتفعة فالقلويات تذيب الهيميسليلوز وتحول اللجنين إلى مركبات لجنين قاعدية قابلة للذوبان فلا يحدث للسليلوز أي تغيرات ويصبح الخشب بعد تعرضه للقلويات المركزة ذو هيئة ليفية، لونه باهت، منتفش وله نفس مظهر تلف الخشب المصاب بأنواع فطريات العفن الأبيض وتقل صلابة الخشب في هذه الحالة.

(العسيلي:2006: 55).

تأثير الأحماض على الأخشاب:

للأحماض تأثير متلف على الأخشاب وخاصة على الكربوهيدرات الموجودة بالخشب إلا أن اللجنين يظهر مقاومات كبيرة لتأثير الأحماض القوية وتحلل الأحماض الروابط الجلوكوزيدية في السليلوز و الهيميسليلوز مائياً مما يؤدي إلى حدوث نقص كبير في قوة الشد للخشب فيتحول لون الخشب في مراحل التلف الأولى إلى اللون البني ويصبح ضعيفاً وتتشابه عمليات تفكك البلمرة وضعف الخشب في مظهرها مع نفس مظاهر إصابة الخشب بفطريات العفن البني خاصة من حيث صلابة الخشب.(عبدالله:2012: 119)

6) عوامل التلف البشرية:

إن التلف البشري يعد من أخطر أنواع التلف التي تلحق بالآثار وخاصة الخشبية منها بأضرار جسيمة مما يترتب عليه من حدوث تغييرات أو الإستخدام الخاطئ للآثار أو الترميم الخاطى لها، وإن كان عمدًا أو بطريقة غير مقصودة وهي العوامل التي تنتج عن قيام غير المتخصصين بعلاج العناصر الخشبية، وكذلك استخدام مواد غير مناسبة وضارة بمادة الخشب أواستخدام الأساليب الغير الصالحة في العلاج.

(العسيلي:2006: 59).

ومن وجة نظرالباحثة أن عدم الوعي لدي كثير من المواطنين يمثل تهديدًا لسلامة العناصر الخشبية حيث أن الكثير من الناس يعتبرون أن تلف وضياع التراث القومي يعد شيئا طبيعيا ناتج عن البيئة المحيطة وباعتبار أن كل شيء يفني بمرور الزمن.

يمكن تقسيم الإتلاف البشري إلى:

أ -الإتلاف البشري المتعمد Intended Damage :

ينتج هذا التلف عن أعمال الهدم والتخريب التي تقوم بها السلطات أحياناً والأفراد للمباني التراثية، لرغبتم في التجديد، وذلك بسبب الإهمال والجهل وانعدام الوعي لقيمة المباني التراثية وما بها من عناصر خشبية.

وكذلك السرقات من قبل اللصوص غير المقدرين لقيمتها مما يؤدي إلى تلفها، أوإجراء تعديل على تلك العناصر.

ب -الإتلاف البشري غير المتعمدUnintended Damage :

يتضمن هذا العامل الإستخدام والتعامل السيء مع الأخشاب نتيجة عدم الوعي أو قلة الخبرة فمن مظاهر التلف البشري، استخدام موادغير مناسبة أثناء ترميم الخشب تؤثر بدورها على الخشب.

(محمد عبدالله:2012: 188)



صورة (24) توضح التلف البشري غير المتعمد بدهان السقف بدهانات هديثة

7) التلف البيولوجي Biological Factors

يقصد بها عوامل التلف المرتبطة بالحشرات (Insects) والكائنات الحية الدقيقة (Microorganisms) يعتبرالتلف البيولوجي من أخطرأنواع التلف التي تصيب الأخشاب بصفة عامة بأضرار جسيمة، فوجد أن الأخشاب من أكثرالمواد العضوية الطبيعية عرضه لأن تهاجمه الكائنات الحية الدقيقة كالفطريات والبكتيريا، والحشرات كالنمل الابيض وناخرات الأخشاب والمترتبة علي وجود الرطوبة حيث أنها توفربيئة ملائمة تماماً لنمو وتواجد الكائنات الحية الدقيقة وتكاثرها، والتي تحدث تغير في التركيب البنائي والكيميائي خلال فترة بقائها داخل الأخشاب.

يعتبر التدهور الذي يتعرض له الخشب بسبب عوامل التلف المختلفة سواء كانت بفعل الرطوبة أو الحرارة أوالأحماض أو الضوء الأبطأ والأقل تأثيراً عند مقارنته بالتدهور السريع الذي ينتج عن الإصابة بالكائنات الحية الدقيقة إذ أن السليلوز والهيميسليلوز يعتبران مصدراً غنيّاً لغذائهما أما المكون الثالث فهو اللجنين لديه بعض الحماية.(Nilsson, T, DanilgG, 1997:67)

يتم تلف الأخشاب الناتج عن تأثيرالتلف البيولوجي عن طريق:

1. الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms.
2. الحشرات Insects.
3. الطيور Birds
4. الحيوانات. Animals

<u>أولاً: الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms:</u>

هي كائنات حية دقيقة لا يمكن رؤيتها إلا بالميكرسكوب، واسعة الإنتشار في الطبيعة ومسئولة عن الكثير من التغيرات الطبيعية والكيميائية الهامة لحياة الإنســان والحيوان والنبات، وعند توافر الظروف الملائمة لها فإنها تقوم بتحليل المواد العضـــوية مثل البقايا العضـــوية في التربة، وقد ثبت أن لهذه الكائنات الدقيقة القدرة على إتلاف مكونات الخشب.(محمد علي:2014: 44).

تشمل الكائنات الحية الدقيقة البكتريا والفطريات والأشنه والطحالب، التي تتطلب وجود وتوفر البيئة الملائمة من حيث درجات الحرارو والرطوبة والمواد الغذائية وذلك لنموها وتكاثرها.

أهم الكائنات الحية الدقيقة التي تسبب تلف للأخشاب:

أ- الفطريات Fungi:

وهي عبارة عن كائنات حية دقيقة غير متجانسة التركيب ويتراوح حجمها من خلايا مفردة ميكروسكوبية مثل الخميرة Yeast (5-10ميكرون) إلى فطريات خيطية ميكروسكوبية عديدة الخلايا (سمك الخلايا 5 ميكرون أو أكثر) إلى فطريات عديدة الخلايا كبيرة الحجم يمكن مشاهدتها بالعين المجردة مثل فطر عيش الغراب.
(محمد علي:2007: 303). والفطريات تعتمد على إمدادات من المواد العضوية التي يمكن الحصول عليها من الخشب.(Unger, W: 2001: 92)

فهي لا تحتوي على مادة الكلوروفيل الخظراء فإنها لا تصنع غذائها بنفسها وبالتالي تعتمد عل تحلل مواد حية أو ميتة لتغذيتها، عند توافر الظروف المناسبة لنمو وتكاثر الفطريات وقيامها بنشاطها المحلل خاصة عند ارتفاع الرطوبة النسبية في الوسط المحيط، تهاجم هذه الفطريات الأخشاب في مجموعات نشطه وتسطيع العيش في حالات و ظروف غير مناسبة لفترات طويلة، وكذلك نقل الرطوبة من الاجزاء الرطبة إلى الأجزاء الجافة.(العسيلي:2006: 58).

تقوم الفطريات بإفراز إنزيمات هاضمة تعمل على تحليل المركبات المعقدة في الخشب (السيليولوز) وتحولها إلى جزيئات بسيطة التركيب يمكن إمتصاصها والتغذي عليه، وبالتالي نتيجة لتحلل المركبات الخشبية فإن الخشب يصبح طرياً هشاً وخفيف الوزن وسهل الكسر، وتختلف حالة الأخشاب المصابة بالفطريات حسب نوع الفطر وإن كان من أكثر مظاهر الإصابة شيوعاً ترقيق جدران الخلايا مع وجود ثقوب وفراغات في ألياف الخشب وتلاحظ باستخدام الميكروسكوب الضوئي.(Nilsson, T, Daniel: 1990:85).
وتؤدي الإصابة بالفطريات إلى تخفيض خاصية المتانة وقدرة الخشب على تحمل الصدمات وتظهر أولى علامات التدهور وهي الفقدان في الوزن وتفقد مقاومة الانثناء وقوة ضغط بمعدل أبطأ.

وكذلك تقوم الإنزيمات التي تفرزها الفطريات بتكسير المواد الكربوهيدراتية في الخشب إلى مركبات بسيطة شبه سكرية للحصول على الطاقه التي تحتاجها الفطريات.(عزت قنديل، أحمد أبو الحسن:2004: 113).

أهم أنواع الفطريات التي تتسبب في تلف الأخشاب:

هناك ثلاث مجاميع رئيسية من الفطريات تصيب الأخشاب وتسبب له العديد من الأضر:

1- فطريات محلله للأخشاب Wood Decay Fungi:

- فطريات العفن الأبيض White- rot fungi.

- فطريات العفن البني Brown- rot fungi.

- فطريات العفن اللين Soft- rot fungi .

وهي فطريات تؤثر على محتوى معين في الخشب وبالتالي فإنها تؤثر على خواص القوى للأخشاب المصابة فتنخفض صفات المتانة في الخشب.(عزت قنديل، أحمد أبو الحسن: 2004: 120).

- **فطريات العفن الأبيض White- rot fungi:**

تتبع فطريات العفن الأبيض الفطريات البازيدية Basidiomycetes والتي تعمل على تحلل كلاً من اللجنين وعديدات التسكر وبالتالي فإن الخشب المصاب يتميز بوجود جيوب أو خطوط بيضاء يطلق عليها عفن الجيوب البيضاء.
إن فطريات العفن الابيض تفرز أنزيمات مؤكسدة تعمل على تحلل اللجنين، وفي المراحل الأولىى من الإصابة يتحول لون الخشب إلى اللون القاتم، وبتقدم الإصابة يتعرض اللون للإزالة ويصبح الخشب ذو لون فاتح باهت.(Eaton, R.A, Hale: 1991:91)

- **فطريات العفن البني Brown- rot fungi:**

تتبع فطريات العفن البني أيضاً الفطريات البازيدية Basidiomycetes والتي تهاجم السليلولوز والهيميسيلولوزات ويكون تأثيرها قليل على اللجنين.
تتمثل أعراض الإصابة بفطريات العفن البني بوجود لون مائل إلى البني، ويسبب انشقاق الخشب ويصبح الخشب هشاً وقابل للكسر، وفي المراحل المتقدمة من الإصابة يتحول الخشب إلى مسحوق بني وتنخفض صفات المتانة للخشب.(عزت قنديل:116:2004).

- **فطريات العفن اللين Soft- rot fungi:**

يعتبرمن كثر أنواع الفطريات انتشاراً، ومن أنسب الظروف لنمو فطريات العفن اللين ارتفاع محتوى الرطوبة في الخشب ووجود الخشب في تربة رطبة ،والذي يسبب التدهور لعديد السكريات بينما يهاجم اللجنين بصورة معتدلة، وفي تقدم الإصابة بالعفن اللين يصبح هناك انخفاض في وزن الخشب وليونة طبقة السطح وسهولة تآكلها.(Dodd, R.1985:76)

2- التلف الناتج عن فطريات صغيرة Moulds :

وهي فطريات تنمو علي سطح مبلل جدا وتستخدم مركبات الكربون البسيطة المتوفرة ويتسبب نمو الغزل الفطري علي الخشب في ظهور مساحات لونها أسود، أو رمادي، أو أخضر أو بنفسجي أو أحمر، ويكون لتلك الفطريات رائحة مميزة .ويمكن إزالتها غالبا بواسطة الفرشاة أو بمسح الخشب، ولكنها قد تتسبب في انخفاض جودة الخشب.(عبدالله:2012: 169).

3- التلف الناتج عن فطريات التبقع Stain Fungi :

هذا التلف الناتج عن فطريات تهاجم الخشب العصاري إذ تهاجم فطريات التبقع أساسا الخلايا البرنشيمية في الخشب العصاري .ويحدث التغير اللوني نتيجة تراكم الكميات الكبيرة الموجودة داخل الخلايا الخشبية، و تؤثر علي خواص الخشب مثل متانته ونفاذيته.(العسيلي:2006:133).

ب- البكتريا Bacteria:

أصغر الكائنات الحية التي تنتمي إلي المملكة النباتية، ويتمثل خطر النمو البكتيري إلي تشوية سطح الخشب بفعل البقع التي تتركها، فهي تتركب من خلية واحدة ميكروسكوبية يتراوح قطرها 0.5-1.0 ميكرون، تتكون من نواه يحيط بها السيتوبلازم والتركيبات الداخلية الأخرى .

تختلف أنواع البكتريا في الشكل فمنها الكروي – والعصوي- والمقوس- واللولبي، تتميز بسرعة انقسامها وتكاثرها ويمكن الكشف عن مستعمراتها بالعين المجردة، توجد منتشرة في الهواء، وتقوم بمهاجمة السليولوز وتسمى عفن السليولوز، هذا النوع من العفن لا يمثل خطراً في الظروف العادية، ولكن عند غمر الخشب بالماء فإنه يظهر العفن ويؤدي إلى فسادها وتحللها. (العسيلي: 2006:133).

وتأثير البكتيريا على الأخشاب أقل وأبطأ من تأثير الفطريات وهي خاصة تصيب الأخشاب المطمورة في تربة رطبة أو مغمورة في الماء، فتقوم بمهاجمة الجدر الخلوية للخشب وتتلف وحدات النقر.

(Hedges,J.I1990:122)

وهناك أنواع مختلفة من البكتيريا تصيب جدران خلايا الخشب مثل:

- بكتيريا الأنفاق Tunneling bacteria والتي تهاجم جدارن خلايا الخشب مسببة تواجد أنفاق تغلغل في الجدران والتي تغير في لون الخشب إلى اللون البني الفاتح، والتي تسبب تدهور اللجنين وبالتالي تؤثر على خواص القوى. (Blanchette,R., Nilsson, T.:1994:166).

ثانياً: الحشرات Insects

تسبب الحشرات العديد من الأضرار للأخشاب والتي تصل إلى حد القضاء عليها بالكامل، ويرجع التأثير الضار للحشرات إلى إتخاذها الأخشاب مادة غذائية بما تحتوية من مواد كربوهيدراتية وسليولوز أو إتخاذها من الأخشاب مأوى لوضع البيض بداخل الأنفاق التي تقوم بعملها في داخل الخشب.

وكذلك للحشرات خطورة تكمن أنها ناقله للغذاء للفطريات المتلفة للأخشاب حيث أنها تتغذى على الفطريات التي تنمو على الخشب ثم تقوم بنقل الجراثيم إلى أماكن أخرى.(Nilsson, T, Daniel: 1990:225).

فيمكن التعرف على وجود إصابة حشرية بالعين المجردة في العناصر الخشبية من خلال ما تحدثه الحشرات وهي كالآتي:

- وجود مسحوق (بودرة) الخشب.
- وجود ثقوب وحفروأنفاق في الخشب.
- سماع صوت الحشرة.

يمكن القول أن طبيعة الإصابة بالحشرات ومدى تأثيرها على الخشب يعتمدعلى نوع ودورة حياة الحشرة التي تصيب الخشب.

تشكل اليرقات الطور الضار بصفة رئيسية بجانب الحشرة الكاملة.(محمود عبد الحميد: 1984: 288).

لكل نوع من أنواع الحشرات درجة حرارة ورطوبة نسبية تمارس عندها الحشرة أوجه نشاطها وعملياتها المختلفة و تتراوح درجة الحرارة ما بين 22-32 درجة مئوية.(إبراهيم: 2007: 305)

ومن الآفات التي تصيب العناصر الخشبية وتلحق أضراراً بها وتشكل خطورة عليها:

1- رتبة غمدية الأجنحة Order Coleoptere

تضم أغلب الآفات الحشرية التي تشكل خطورة على العناصر الخشبية، وهي ذات دورة حياة كاملة (بيض- يرقه- عذراء- حشرة كاملة)، والتي تتميز بوجود زوج خارجي من الأجنحة صلب وزوج داخلي غشائي، وكذلك تتميز بوجود فم متخصص لتكسير المواد الصلبة وتفتيتها.

(عزت قنديل،أحمد أبو الحسن:2004: 127-128).

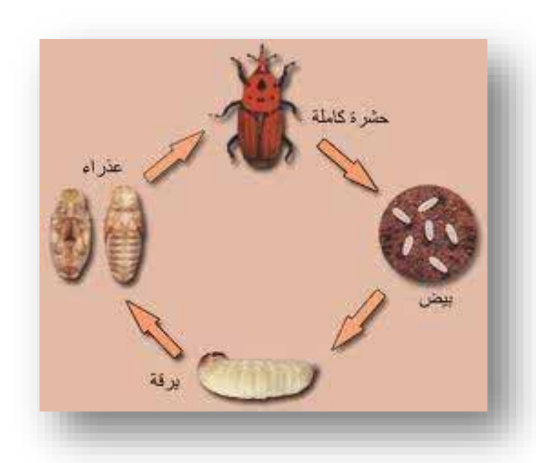
أهم الآفات الحشرية التي تتبع رتبة غمدية الأجنحة هي:

- ❖ -حافرات الأخشاب : مثل خنفساء الأثاث Anobium puncatatum تبين الصورة (25) حشرة خنفساء الأثاث.

هي حشره صغيرة، لونها بني داكن، تعيش في الأجواء الحارة، تضع الأنثى بيضها على سطح الخشب وبعد 5 أسابيع يفقس البيض وتخرج اليرقات الصغيرة وتعمل أنفاقاً وتتغلغل داخل الخشب، وتترك مسحوق ناعم، وتبقى 3 سنوات أو أكثرداخل الخشب وتكبر وتتحول إلى عذراء وتتحول إلى حشره كامله، تبين صورة (26) دورةحياة الخنفساء داخل الخشب . وتغادر الخشب من خلال ثقوب الخروج.(محمد علي:2014: 46).



صورة (25) توضح خنفساء الاثاث



صورة (26) توضح دورة حياة الخنفساء

2- رتبة متساوية الأجنحة Order Isoptera

تشمل رتبة متساوية الأجنحة على أنواع النمل الأبيض الذي يعتبرمن أهم الكائنات التي تدمر المواد السليولوزية وخاصة الأخشاب، ويعيش النمل الأبيض عيشة جماعية في مستعمرات داخل الأخشاب المتصلة بالتربة، والتي تتميز بحجمها الصغير أو المتوسط ، وألوانها الباهتة وأجزا الفم القارضه وقرن الاستشعار.

(عبدالله: 148:2012)

وهناك نوعين من النمل الأبيض:

1- النمل الذي يقيم أنفاق في التربة **Subterranean termites**:

وهي أنواع تعيش سطح الأرض وتصل مستعمراتها إلي ملايين الأفراد،الصورة (27) تبين مجاميع النمل الابيض وغالباً تتكون مستعمرات من العديد من الأشكال لملائمة كل شكل أو طائفة لمتطلبات وظيفتها، يبنتج عنها خليط من التربة والمواد البرازية، ولا تترك ثقوب سطحية.(Moore, Jr: 1989:86)

2- النمل الذي يقيم الأنفاق بالخشب Dry wood Termite:

ينتج عنه أنفاق غير منتظمة، وينتج أيضاً بودرة خشب مع كريات ذات شكل بيضاوي كما يظهر في الصورة (29).



صورة (28) مظهر تلف النمل الأبيض بالخشب



صورة (27) تبين مجاميع النمل الابيض



صورة (29) توضح أنفاق النمل الأبيض داخل الخشب

ثالثاً: الطيوروالحيواناتBirds and Animals

<u>الطيور Birds</u>

تشمل الحمام والعصافير ، حيث تعتبرالطيور من أكثرالعوامل البيولوجية تأثيراً على العناصر الخشبية، لما لها من تأثيرات ميكانيكية وكيميائية، وتكمن خطورة الطيور في فضلاتها وأعشاشها التي تشوه سطح الخشب والتي تتواجد أينما تواجد الغذاء والماء والهواء والكائنات الآخرى لتتغذى عليها.(إبراهيم: 2014: 42).

<u>الحيوانات Animals</u>

ومن أهم الحيوانات التي تؤثر على العناصر الخشبية:

- الفئران والجرذان

- الوطاويط والخفافيش.

مظاهر التلف الناتجة عن الطيور والحيوانات:

- وجود الفضلات والطبقات العضوية المركبة من أملاح النترات والأوكسالات.
- وجود بعض الحفر والثقوب الناتجه عن الحفر الميكانيكي لهذه الطيوروالحيوانات، بالإضافة إلى نمو الكائنات الدقيقة على فضلاتها المتواجدة على سطح الخشب.
- تبقع الأخشاب بسبب الفضلات التي تتركها الحيوانات و الطيورعلى سطح الخشب والتي يصعب إزالتها، وعند اتحاد هذه الفضلات بالماء يؤدي ذلك إلى تكون أملاح النترات.

(إبراهيم: 2007: 47)

الفصـــل الرابـــع

المواد المستخدمة في علاج العناصر الخشبية

والأساليب العلمية والطرق المستخدمة في تطبيقها

تمهيد:

تعتبر الأخشاب من أقدم وأكثر المواد التي إستخدمها الإنسان في جوانب حياته المختلفة على مر العصور، فكانت جزءًاً رئيسياً في المباني التراثية تمثلت في الأبواب والشبابيك والأرضيات والأعمدة والأسقف، لذا يتوجب نحو هذه العناصركغيرها من الآثار الأخرى الحفاظ عليها من عوامل التلف المختلفة، وعلاجها بأفضل المواد والطرق المتاحة والأساليب المناسبة لتطبيقها.

ولا شك أن مسؤلية علاج وترميم وصيانة العناصرالخشبية بصفة خاصة هي مسؤلية خطيرة وتعتبر في الصدارة من رسالة المرمم نظراً لسهولة تحللها وتأثرها بعوامل التلف المختلفة وصعوبة التعامل معها.

ومن الجدير بالذكر أنه يجب علاج هذه العناصر الخشبية والحفاظ عليها – سواء كانت جافة أو رطبة – وذلك بأستخدام أنسب المواد والطرق المتاحة، وكذلك أنسب الأساليب التي يمكن تطبيقها حسب حالة ودرجة تلف أو تحلل كل أثر، بالأضافة إلى حجم الأثر ومكانه.

علم صيانة الآثار عبارة عن تهيئة الظروف المناسبة والوسط الملائم لحفظ الآثار من العوامل الطبيعية واختلاف درجات الحرارة والرطوبة والتي تؤثر تأثير سلبياً ومباشرًا على الأثر، وبعد تحديد عوامل التلف يمكن معرفة طرق العلاج المناسبة (حسن 1979: 7)، حيث يتم وضع خطة علاج وذلك من خلال اختيار أفضل المواد المستخدمة في التنظيف وكذلك مواد التثبيت والتقوية والاستكمال ويجب أن لا تسبب هذه المواد بأي أضرار جانبية تضر بحياة الأثر أو تشوه مظهرها الخارجي. (عبد الهادي 1996: 23)

مراحل العلاج الأخشاب

أولا: مرحلة التنظيف Cleaning

ثانياً: مرحلة الإستكمال Completion

ثالثاً: مرحلة التعقيم Fumigation

رابعا :مرحلة التقوية Consolidation

أولا: مرحلة التنظيف Cleaning

وتبدأ أولى مراحل العلاج بعمليات التنظيف المختلفة، والتي تعمل على إزلة للغبار والمواد المترسبة ونواتج التلف المشوهه لسطح الخشب والتي تغطي الألوان والزخارف الموجودة على سطح الخشب وإزالة لطبقات الدهان الحديثة وأي مواد أخرى غريبة عن الخشب ولا تمثل إي أهمية.

وترى الباحثة أنه قد تكون مرحلة التنظيف مرحلة تمهيدية لمعالجات تالية مثل تجهيز القطع قبل البدء بتجميعها، وتتطلب مرحلة التنظيف فى حالات كثيرة إلى خبرة عالمية وتقييم دقيق لتحديد المظهر النهائي المراد الوصول إليه بعد التنظيف.

تتعرض العناصر الخشبية إلى العوامل الجوية والبيئية المختلفة، حيث تتراكم على سطحها رواسب عالقة سواء كانت أتربة أو رواسب محلية أو مواد كربونية أو رواسب حمضية أو فضلات الطيور المتنوعة ويستوجب ذلك إلى تنظيفها هذه الاتساخات قبل أن تطمس زخارفها وتتلفها.

<u>وتنقسم طرق التنظيف العناصر الخشبية إلى نوعين رئيسيين:</u>

1- التنظيف الميكانيكي Mechanical Cleaning

التنظيف الميكانيكي هو أول عمليات التنظيف التي يجب إتباعها في عملية تنظيف الأخشاب الأثرية والتي تعد من أفضل الطرق المستخدمة في إزالة الأتربة والطبقات السطحية المتكلسة ومظاهر التلف الناتجة عن الإصابات البيولوجية مثل الطيور والحشرات والحيوانات. ومن مميزات هذا الأسلوب إنه لا يضيف أي مواد تضعف وتتلف سطح الخشب.

هذا النوع من التنظيف يستخدم يدويًا ، وهناك أدوات تستخدم فى هذه العملية منها ، فرش ناعمة (Brushes) والإسفنج (sponges) ، وأيضا استخدام أنواع مختلفة من الممحاة الناعمة (soft erasers) والتي تستخدم فى إزالـة الأتربة من الأسطح الخشبية، وتستخدم المشارط (Scalpels) أيضاً، وهذه الأدوات تعمل على إضعاف وفك ترابط أو إلتصاق المواد العالقة بسطح الخشب بحيث يمكن امتصاصها باستخدام مضخة سحب الهواء فى إزالة الإتساخات المتكلسة عن السطح كما في الصورة (32) وهـذه الطريقة تكون جافة ولا يستخدم الماء إلا فى حالة التكلسات الشديدة والمرتفعة عن السطح حيـث يندى سطح التكلسات باستخدام قطعة قطن مبللة بالماء وتترك لفترة يتم إزالتها بعد ذلك باستخدام المشارط.(لقمة:173:2002)

ويجب إستخدام الفررsptalla والمشارط بطريقة موازية لسطح الخشب حتى لا يخدش سطحه، كما يظهر في الصورة (31) وعملية التنظيف تتم من أعلى إلى أسفل مع تغطية الأجـزاء السفلــى برقائق من البولى إيثيلين مع التنظيف باستمرار باستخدام الفرش الناعمة أما بالنسبة للمخلفات الحشريـة يتم إزالتها بواسطة الدبابيس دون خدش سطح الخشب.

(إبراهيم :2014 : 78-79).

ويتضمن التنظيف الميكانيكي :

- إزالة للأتربة السطحية والإتساخات العالقة بسطح الخشب كنسيج العنكبوت ومخلفات الطيور والحشرات والقوارض والأملاح المتزهرة غير المتماسكة على سطح الخشب.

- إزالة الطبقات السميكة والتالفة من الدهانات كالورنيشات والزيوت وإزالة الإتساخات المتجمدة كالشموع والرواسب المتكلسة . (إبراهيم : 2014: 91)

بعض الأدوات المستخدمة في التنظيف الميكانيكي



مطاط للتنظيف



نوع من الاسفنج الخاص بالتنظيف



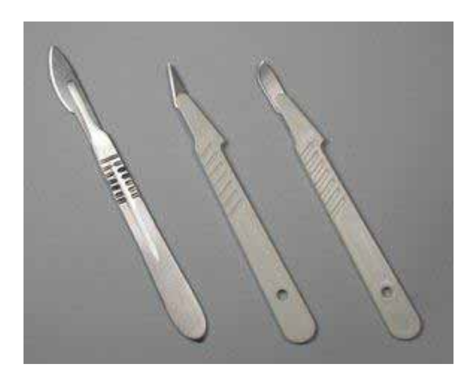
فرش ناعمة



القطن



أدوات طب الأسنان



المشارط

صورة (30) بعض الأدوات المستخدمة في التنظيف

2- التنظيف الكيميائي Chemical Cleaning:

محاولة تنظيف أو إزالة مادة غريبة عن مادة سطح الأثر هي محاولة لكسر الروابط الثانوية الموجودة بين الإتساخات وسطح الخشب والمشكلة التي يواجهها أي مرمم هي إيجاد المنظف المناسب القادر على مهاجمة الاتساخات دون الاقتراب من الأثر ويجب الاكتفاء باستخدام المنظفات أو المحاليل التي تهاجم الإتساخات أسرع من مهاجمتها للأثر.

(العسيلي: 2006 : 79).

حيث يتم استخدام المذيبات العضوية الكيميائية المتعددة لإزالة البقع مثل التنر والبنزين والتولوين ومن الأسس العامة في الترميم أن يتم استخدام الكيمياويات في أضيق الحدود ويفضل عدم استخدامها إذا لم تكن الحاجه ماسه لذلك وذلك لتلافي أي احتمالية للضرر الناتج عن ذلك (إبراهيم 2011: 45).

المذيبات Solvents:. هي سوائل عضوية متطايرة حيث يمكنها أن تذيب وتحل أي مواد بدون أية تغييرات كيميائية سواء لنفسها ، للمادة المذابة ذاتها، وهى سائلة في درجات الحرارة العادية يفضل قبل البدء بهذا التنظيف عمل الاختبارات اللازمة في حالة الأسطح الملونة وتستخدم المذيبات العضوية في إزالة البقع بشكل موضعي حيث تتميز هذه المذيبات بقدرة كبيرة على إزالة العديد من البقع الناتجة من مخلفات الطيور والكائنات الدقيقة والبقع الدهنية والسناج. (عبدالله 2012: 122)

وعند اختيار التنظيف الكيميائي يجب القيام ببعض الأختبارات قبل اختيار المذيب لتحديد أكثر المذيبات كفاءة، ولتحديد ما إذا كان له آثار جانبية تؤثر على سطح الخشب. (إبراهيم : 2014 :80).

وترى الباحثة أن التقليل من استخدام المواد الكيميائية في عملية التنظيف الكيميائي لحماية الخشب من الأضرار التي تلحقها المواد الكيميائي بالخشب أومن منتجاته الذائبة، ولحماية الشخص القائم على عملية التنظيف، وأن القيام بعملية تحليل الإتساخات يساعد كثيرًا فى الإختيارالمناسب للمذيب المناسب.

الإحتياطات اللازمة تفادياً لحدوث أي ضررللخشب أو للمرمم عند استخدام المذيبات العضوية الكيميائية:

1- التحقق من تأثير المركبات الكيميائية على الإتساخات المختلفة في جزء غير مرئي بمساحة صغيرة لتفادي أي ضرر قد يحدث لسطح الخشب.

2- اتباع الإحتياطات اللازمة عند استخدام المواد الكيميائية وعدم استخدام المواد شديدة الخطورة إلا في أضيق الحدود وفي حالة الإضطرار إلى ذلك يتم ارتداء القفازات والأقنعة الواقية.

3- تجنب تراكم الأبخرة والحرص على التهوية المستمرة للمكان.

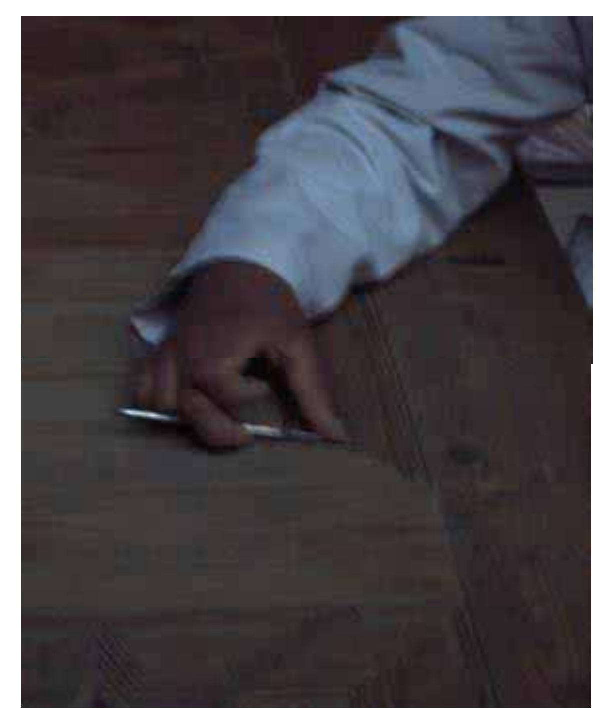
4- التوقف عن العمل من فترة لأخرى والإبتعاد قليلاً عن المواد الكيميائية.

تستخدم المذيبات العضوية بأنواعها بصورة منفصلة أو استخدامها في صورة مخاليط لتعمل على تليين وإذابة المواد الغريبة العالقة بسطح الخشب، والتي يمكن التخلص منها من خلال وضع المذيب المناسب موضعياً على قطعة القطن ،وتطبيقها على سطح الخشب لإزالة الإتساخات العالقة بالسطح، وفي حالات آخرى يحتاج المذيب مدة أطول على سطح الخشب لإزالة المواد العالقة بالسطح فتستخدم كمادات من القطن المندى بالمذيب الموضوعه فوق المواد العالقة وتغطية الكمادة بورق الألمنيوم Aluminum Foil لملاحظة التغيرات التي تحدث للمواد العالقة بالسطح. (العسيلي:2006 :80)

وتتعدد أنواع المذيبات العضوية التي يمكن استخدامها في تنظيف العناصر الخشبية مثل:

- الكحول الإيثيلى Ethanol C_2H_5OH
- تراى كلورايثلين Trichloroethylene C_2H_4
- الفورمالدهيد Formaldehyd CH_2O
- الكحول الميثيلي Methanol CH_3OH

ومن وجة نظر الباحثه أنه يمكن استخدام طريقتي التنظيف(الميكانيكي والكيميائي) معًاَ وذلك عن طريق تطرية الطبقات العالقة باستخدام الطرق الكيميائية ثم إتمام عمليات الإزالة باستخدام الطرق الميكانيكية وبوجه عام فإن أسلوب التنظيف المستخدم يحدد حسب حالة الأثر ونوعية المواد العالقة المراد التخلص منها.



صورة (31) توضح استخدام المشرط في التنظيف



صورة (32) توضح مضخة التنظيف بالإمتصاص

ثانياً : مرحلة الاستكمـــال Completion

تعتبر عمليات الاستكمال من الخطوات الهامة فى ترميم الآثار، وهى بمثابة تقوية تدعيمية للأثر عن طريق ملء الفجوات والشروخ المؤثرة على سلامته، بالإضافة إلى تعويض الأجزاء المفقودة به، والغرض من هذه العمليات هو الحفاظ على التماسك البنائى والهيكلى للأثر ليتمكن من مواجهة الظروف البيئية المحيطة، كما أن لها وظيفة جمالية، وقبل بدأ في عملية الأستكمال يجب أن يتم تنظيف الشروخ والثقوب جيدًا. (إبراهيم: 36:2014).

تتطلب عملية استكمال الأثار الخشبية استخدام مواد توضع فى الشروخ والأماكن المفقـود ، وفيما يتعلق بالمواد المستخدمة فى عملية الاستكمال، والتى عادة ما تخضع للدراسات التجريبية والمعملية المختلفة لاختيار أفضلها فى عمليات الاستكمال المختلفة، **فإن هذه المواد يجب أن تتوافر بها الشـروط التاليـة :**

- قليلة الانكماش فلا تتغير أبعادها عند التصلب .
- سهلة التحضير وقابلة للتطبيق وسهلة التشكيل فى درجة حرارة الغرفة .
- أن تكون أضعف بقليل كما يجب ألا تكون أقوى من الخشب نفسه .

- تعطى مظهر خارجى ملائم للأثر ولا تشوه مظهره .
- أن تتميز بإمكانية الإزالة عند الحاجة لذلك دون الإضرار بالخشب قابلة للصقل والتلوين لإعطاء مظهر يتناسب مع المظهر الطبيعي للخشب المراد استكماله .
- أن تتميز بقابليتها للإزالة عند الحاجة لذلك دون الإضرار بالخشب.
- ذات قوة إلتصاق معتدلة اي لاتكون ضعيفة يسهل إنفصاله أو شديدة القوة بحيث يصعب انفصالها.

(لقمة:169: 2002)

- إن مرحلة الإستكمال تتضمن استكمال الأجزاء المفقودة والناقصه ، وملئ الفراغات والفجوات والإنفصالات والشروخ.

<u>تنقسم المواد المالئة للفجوات والشقوق إلى :</u>

أ ـ مواد مالئة ليفية Fiber Fillers

مثل نشارة الخشب ومسحوق الورق والياف البولى أستر والشيفون المفــروم وألياف الكتان والشاش الطبى هذا وتفضل نشارة الخشب فى استكمال الأجزاء الناقصة أو التالفـة مثل خشب البلسا وهو خشب قابل للأنضغاط وخفيف الوزن ومتانته عالية ومقـــاوم للصدمـــــات ودرجة انكماشه قليلة ويقاوم الحشرات نظرا لانخفاض نسبة السيليلوز به ولكن من عيوبــه إنـــه مادة غير ثابتة عند تعرضه للتباين فى درجات الحرارة والرطوبة.

(عبدالله: 262:2012)

ب-مواد مالئة دقيقة Graind Fillers

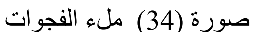
ومنها بودرة التلك والكاولين والطباشير وكسر السيليكا وكذلك الأكاسيـــد المعدنية الملونة .

وتستخدم المواد المالئة مع محاليل الراتنجات المختلفة فى شكل تراكيب أو معاجن للاستكمال مع إضافة مبيد حشرى أو فطرى لهذه المعاجن .



صورة (33) توضح أستكمال لسحطح الخشب





صورة (34) ملء الفجوات

أما بالنسبة لاستكمال الأجزاء الناقصة فهو يتم كما يلى :

يمكن تصنيع الأجزاء الناقصة من نفس نوع الخشب الأثرى أو قريب من خواصه وتجميعهـــا أو لصقها فى موضعها ويمكن تدعيم جزء أساسى من الأثر بالطرق الميكانيكية منها :

1 ـ التقوية باستخدام أوتاد خشبية أو معدنية وتسمى هذه الطريقة بعصفرة الخشب أى ربط أجزاء الخشب بما يسمى بالعصافير .

2 ـ ربط أطراف الشقوق بأسافين خشبية على شكل (×) لمنعها من الاتساع ويجـــب معالجـــة الأسافين الخشبية قبل الاستخدام بمحلول 5 % من البولي فينيل اسيتات وتترك لتجف ثم تدهـن بمحلول 1 % من راتنج السيليكون المذاب فى البنزين وذلك حتى لا تتأثر بالتغيرات التى تحـدث فى الرطوبة النسبية التى يمكن أن تتعرض لها .(شاهين: 86: 1975)

ثالثاً: التعقيم Fumigation

علاج االعناصر الخشبية من الإصابة البيولوجية ،والتي تتضمن الاصابات الحشرية و الإصابات الميكروبولوجية والإصابات الحيوانية وذلك بمكافحتها عن طريق المبيدات الحشرية والفطرية .

❖ الشروط التى يجب أن تتوفر فى المبيدات المستخدمة:

1- أن تكون ذات تأثير فعال على الحشرات والكائنات الحية الدقيقة بأقل تركيز وجرعة ممكنـــة وفى نفس الوقت تكون سهلة التداول والتطبيق .
2- ألا يكون لها تأثير على طبقة الألوان .
3- أن يكون لها تأثير قوى ومستمر يعطى الخشب مناعة عالية لأطول فترة ممكنة .
4- أن يكون لها قدرة عالية على النفاذية حتى تتخلل داخل الخشب .
5- غير قابلة للأشتعال وسهلة الاستخدام .
6- لا تتفاعل مع مكونات الخشب .
7- تتميز بالثبات أى لا يحدث لها تغيرات كيميائية أو فى بعض خواصها .
8- تكون غير ضارة بصحة الأنسان وانخفاض نسبة تلويثها للبيئة

(السروجي: 155:1997)

❖ طرق تطبيق المبيدات فى مجال الترميم :

1- طريقة الدهان والتشرب باستخدام الفرشاة .
2 - طريقة التبخير .
3 - طريقة الرش باستخدام مضخات خاصة .
4 -طريقة الحقن من خلال ثقوب خروج الحشرات باستخدام حقن خاصة.

(إبراهيم:36:2014)

❖ أنواع المبيدات من حيث طرق تأثيرها :

- المبيدات المعدية Stomach Insecticides :

وهى مبيدات لا تؤثر على الحشرة إلا بعد ابتلاعها حيث يسبب تلف لخلايا الجهـــاز الهضمـــى والموت وهى تستخدم فى إبادة الحشرات القارضة .

- **المبيدات بالملامسة Contact Insecticides :**

وهى مبيدات تؤثر على الحشرات بمجرد ملامسة الجسم من الخارج أثناء سير الحشرة عليهـــا وتلوث جسمها بها .

- **المبيدات الغازية أو الأبخرة Gassesor Fumigants Insecticides :**

تستخدم هذه الطريقة فى الأماكن التى يمكن غلقها لمنع تسرب الغازات السامة منهـــا وتتميـــز الغازات بخاصية الإنتشار وتتخلل المسافات البعيدة حتى تصل إلى الآفات الموجودة فى أعمـــاق القطع الخشبية المعالجة.

❖ **المبيدات الأكثر شيوعا فى مقاومة الحشرات والفطريات:**

1 - الجامكسان Gamaxane ($C_6H_6CL_6$):

وهو عبارة عن بللورات عديمة اللون تذوب فى الماء عند درجة حرارة الغرفة وتذوب أيضا فـى الأسيتون والهيدروكربونات الأروماتية، ذو سمية كبيرة لمجموعة من اللآفات .

2- بنتا كلورو فينول Pentachloro Phenol (C_6HCl):

وهو محلول عديم اللون لا يذوب فى الماء ولكنه يذوب فى المذيبات العضوية يستخـــدم بنسبـــة 1 : 5 % فى الكحول النقى كمضاد للفطريات ويستخـدم بنسبـــة 5 % فـــى الكيروسيـــن لإبادة الحشرات.

3- البارادكس Para Dichloro Benzene $C_6H_4CL_2$:

وهو يعتبر من المبيدات الحشرية والفطرية المستخدمة على نطاق واســع فـــى المتاحف وهو عبارة عن بلورات عديمة اللون ويستخدم بوضعه فى لفائف من الشاش توضع فـى أعلى خزائن العرض لأن الغاز الناتج أثقل من الهواء وله رائحة نفاذة ويتبخر ببطء ويذوب فـــى الماء عند درجة حرارة $25^\circ C$ ولكنه يذوب بشدة فى المذيبات العضوية ويعتبر البارادكس مـــن المواد الطاردة للحشرات لذلك يستخدم فى صيانة الأثار.

4- الثيمول $C_9H_6CL_6O_3S$ Thymol :

الثيمول عبارة عن بلورات مائلة للأصفرار لا يذوب فى الماء ولكنه يذوب بنسبة متوسطة فى المذيبات العضوية له رائحة ثانى أكسيد الكبريت يستخدم مذاب فى الأسيتون ومضاف إليه 2 % كلوردين بطريقة الرش ويمكن استعماله للقضاء على أى إصابة حشرية .

5- النفثالين ($C_{10}H_8$) Naphthalene :

وهو مضاد حشرى ضد الخنافس لا يذوب فى الماء ولكنه يذوب فى المذيبات العضوية له رائحة مميزة كما إنه شديد التطاير ويتسامى بسهولة يمكن استعماله فى التبخير ولكن من عيوبه إنه يتبلور مرة أخرى على المعروضات مما يؤدى إلى تلفها نتيجة ملامسة مادة النفثالين لمادة الأثر.

http://ar.wikipedia.org/wiki

رابعًا :مرحلة التقوية Consolidation

الهدف من التقوية أو التدعيم هو التقليل من الضعف فى المقاومة الميكانيكية للخشب ومن العوامل الهامة عند استخدام المواد اللاصقة ومواد التقوية فى ترميم الأثار الخشبية الهشة هو مدى الإنكماش الذى يحدث للمادة اللاصقة أو مادة التقوية من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة.(Unesco: 1979: 268).

التقوية من مراحل العلاج للأخشاب، فهناك كثير من الحالات التي توجد فيها الأخشاب بحالة سيئه نتيجة لتعرض الأخشاب لعوامل تلف مختلفة ينتج عنها مظاهر تلف متعددة يتطلب معها التدخل بالترميم والصيانة لعلاج وترميم هذه المظاهر، أى إعادة الأثر إلى الحالة التى كان عليها بقدر الإمكان، ومحاولة إصالها إلى حالة من الثبات والإحتفاظ بخواص الخشب الميكانيكية.

ممكن تعريف مفهوم التقوية على أنه إضافة فيزيائية أو استخدام مادة لها خاصية اللصق، وذلك بهدف تأكيد استمرارية بقائها وترابط أجزاء الخشب، أو هى تلك الإجراءات التى تتخذ لإعادة قوة وتماسك البنية الداخلية للخشب المعالج، وإكسابه خواص جديدة تزيد من مقاومته سواء الميكانيكية، أو تعديلاً للخواص الطبيعية التى فقدها الخشب بسبب عوامل التلف المختلفة. (إبراهيم: 2014: 40).

يوجد كثير من المواد التى يمكن استخدامها فى تقوية وترميم وصيانة الأخشاب وتختلــف هـــذه المواد فى تركيبها وخواصها الفيزيائية والكيميائية وقد تتشابه فى بعض الخواص كما تختلف فــى مميزاتها وعيوبها من حيث مدى واسلوب تأثيرها على الأخشاب المعالجة ودرجة تفاعلها وتأثرها بالمواد والظروف المحيطة، يوجد هنالك الكثير من المواد التي يم استخدامها في عملية تقوية الأخشاب الهشة والضعيفة والتي تعاني من مظاهر تلف مختلفة.(العسيلي: 2006: 88).

- **هناك شروط لابد من توافرها في المواد المستخدمة في عملية التقوية والتي يمكن استخدامها بأمان وهي كالأتي:**

1. لابد من تميزالغشاء السطحي لمادة التقوية بعد الجفاف بالشفافية والتماسك والمتانة مع التمتع بقدر معتدل من المرونة.
2. يفضل أن تتميز بأس هيدروجيني(**PH**) أقرب ما يكون الى التعادل.
3. أن تكون مقاومة الإنكماش بنسبة لا تقل عن 80% حتى لا تسبب حدوث تشوه داخلي للخشب.
4. أن لا تتأثر بالرطوبة، وفي نفس الوقت تعطي حماية للخشب ضد الرطوبة.
5. غير حساسة للتغير الضوئي والأكسدة.
6. ألا تتأثر بحركة الخشب الطبيعية بصورة متلفة.
7. إمكانية إزالتها بسهولة عند الحاجة لذلك دون تعريض الخشب لأي تدهور أو تغير في تركيبة الداخلي.
8. ألا تسبب تغيراً كبيرة في وزن الخشب المعالج بها.
9. يمكن استخدامها بدون أن يؤدي ذلك إلى منع استخدام مواد ترميم أخرى.
10. يمكن استخدامها بدون أن يؤدي ذلك إلى منع استخدام مواد ترميم أخرى.
11. أن تتميز بالنفاذية العالية بحيث تملأ أكبر قدرممكن من الفراغات الداخلية لخلايا الخشب وتحل محل الماء الموجود داخل الخلايا، دون أن يتسبب عن استخدامها انكماش أو تقلص في أبعاد الخشب بعد تبخر المذيب أو تحولها من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة، وأن تكون ذات وزن جزيئي منخفض بقدر الإمكان إذ كلما انخفض الوزن الجزيئي كلما انخفضت لزوجة السائل.

12.أن لا تتصهر عند درجات حرارة الجو المرتفعة هذا يعني ان Tg لها يكون عالي.

13.أن تكون قابلة للذوبان في أكثر من مذيب عضوي.

14.تتميز بخواص لصق قوية إذ أن الإلتصاق الجيد بين المادة المقوية والخشب يعتبر من أهم العوامل للحصول على تقوية فعالة.

16-أن لا تكون مصدر جذب للحشرات أو النمو الفطري.

(لقمة : 2002 : 168).

17-أن لا تسبب لمعاناً لسطح الخشب المقوى.

(العسيلي: 2006 :89).

بالرغم من جميع هذه الشروط الواجب توافرها في مواد التقوية المستخدمة، إلا أنه لا توجد مادة للتقوية تتوافر فيها جميع هذه الشروط، وأنسب المواد التي يمكن أن تعطي أفضل النتائج تبعاً لنوع ودرجة التلف التي يعاني منها الخشب ويتوفر فيها معظم الشروط السابق ذكرها وقد تستخدم أكثر من مادة أحياناً للحصول على النتيجة المطلوبة.

❖ طرق تقوية الأخشاب:

1- التقوية الميكانيكية Mechanical Consolidation

تشمل التقوية الميكانيكية علاج الإنفصالات التي تحدث في أماكن الوصلات بين الأجزاء المختلفة في الأثر الخشبي، وكذلك علاج الكسور التي تحدث في الأخشاب نفسها وفي أماكن الوصلات نتيجة لتعرضها للضغوط المختلفة وقد تكون هذه الأجزاء المكسورة منفصلة عن بعضها أو غير منفصلة، كذلك تشمل ملء للفجوات والشروخ والثقوب. (العسيلي: 2006: 80).

تقوى الأخشاب بعدة طرق للتقوية الميكانيكية منها:

1-التقوية بإستخدام أوتاد خشبية أو معدنية وهذه الطريقة تسمى عصفرة الخشب.

2-ربط أطراف الشقوق بأسافين خشبية على شكل (x) لمنعها من الإتساع.

3-تسليح الشقوق والكسور الموجودة في الخشب بالألياف الزجاجية.

4-استخدام الجبائر الخشبية أو الزوايا المعدنية

(عبدالله: 2012: 290)

2-التقوية الكيميائية Chemical Consolidation

عندما تتعرض الأخشاب إلى عوامل التلف فإنها تؤثر على تركيب الخشب البنائي والكيميائي مما يؤدي إلى إضعافها، وفي هذه الحالة يلزم االقيام بتقويتها وتعويض ما فقد من خواصها الميكانيكية لإبقائها لأطول فترة ممكنة.

وفي هذه الطريقة من التقوية يمكن استخدام محاليل المواد الكيميائية لدهن سطح الخشب، من هذه المحاليل، المحاليل الطبيعية كالقلفونية والصمغ والغراء، وأيضاً محاليل صناعية مثل خلات البولي فينيل والبارالويد(ب72). (إبراهيم: 2007: 312-313).

3- التقوية بالشموع Wax Consolidation

مثل الشموع الصناعية وهي تتشابه مع الشموع الطبيعية في بعض الخواص وخاصة المظهر ولكنها تختلف معها في كثير من الخواص المختلفة وفي التركيب الكيميائي. (عبدالله:2012:238)

أهم الشموع المخلقة المستخدمة في تقوية الأخشاب:

1- شمع الميكروكريستالين Microcrystalline wax

2- شمع البولي إثلين جليكول Polyethylene Glycol Wax

وتنقسم المواد المستخدمة في عملية التقوية:

أولا : مواد التقوية الطبيعية:

من تلك المواد التى استخدمت فى الماضى شمع العسل والغـــراء الحيوانـــــى وبعـــــض هـــذه الراتنجات مثل الجمالاكة والقلفونية ويمكن أن يضاف لها مواد أخرى ويتم إنتاج هذه الراتنجـات فى خلايا الأشجار والنباتات وبالتالى يتم تخزينها فى القنوات الراتنجية كسوائل لزجة ومحاليل الراتنجات الطبيعة مثل الجمالاكا والقلفونية.

(العسيلي: 2006: 89)

ومن أهم المواد الطبيعية :

1- الشموع و التى تنقسم إلى :

- **شموع طبيعية غير بترولية**: وأهمها شمع النحل وشمع الكرنوبا وشمع اللانولين.

- **شمع النحل Beas Wax**: ينتج من بعض أنواع النحل المعروف باسم (Apis Mellifi) والنوع المعروف باسم(Apis Dorsata)ولونه الطبيعي أصفر. (محمد عبدالله: 2012: 212-213).

- **شمع الكرنوبا Carnouba Wax** : يستخرج هذا المشع من نوع من أنواع أشجار النخيل باسم Corypha Carifera، وهو يكون طبقات على الأوراق ليحميها من تسرب مياهها بالبخر، وقد يصل سمك طبقة الشمع حوالي 5مم. ويتم الحصول على الشمع بقطع الأوراق الحديثة وتجفيفها، ثم يكشط الشمع من فوق سطحها ويذوب في ماء مغلي. وهو صلب أصفر اللون، ويتم تبييضه باستعمال الفحم النباتي . (العسيلي: 2006: 92).

- **شمح اللانولين Lanolin Wax**

وهو عبارة عن المادة الدهنية أو الشمعية التي تستخرج من جزة (صوف) الغنم، وينتمي إلى الشموع أكثر منه إلى الدهون لأنه يتكون في معظمه من استرات الكحولات ذات الوزن الجزيئي العالي مثل الكوليستيرول مع أحماض دهنية تتراوح بين حمض الباليريك (C_4H_9COOH) إلى حمض البولميتيك وهو يكون مع الماء مستحلباً ثابتاً بدرجة كبيرة، ويمكن أن يختلط بنسب تصل إلى 80% من وزنه من الماء، وشمع اللانولين أصفر اللون، نصف شفاف، عديم الرائحة تقريباً، ويذوب بسهولة في الأثيروالكلوروفورم، كما أنه يذوب جزئياً في الكحول. (محمد عبدالله: 2012 :214).

- **شمـــوع بتروليـــة أو برافينية:**

ويتركب شمع البرافين من الهيدروكربونات المشبعة العالية ابتداءاً من $C_{17}H_{36}$ حتى $C_{70}H_{142}$ ، وشمع البرافين لونه أبيض نصف شفاف قابل للذوبان في البنزين والكيروسين وغيرها من المذيبات العضوي.(العسيلي:2006: 90).

وللشموع بعض المميزات أو الخواص التي أدت إلى استخدامها في علاج وترميم وصيانة الأثار. وأهم هذه الخواص:-

1 – أنها ثابتة أو خاملة كيميائياً، وتمثل وقاية ضد الحشرات والفطريات.

2 – لها خاصية الحماية ضد الرطوبة (لا تتأثر بالرطوبة).

3 – ليس لها تأثير المذيبات على طبقة الطلاء.

4 – لا يتغير حجمها عند التبريد.(إبراهيم: 2007: 199)

وعلى الرغم من هذه المميزات فإن للشموع أيضاً بعض العيوب التي تقلل من استخدامها في كثير من الأحيان، منها:-

1 – تسـبب تغير لون الخشـب (غمقان اللون) لأن معامل الانكسـار الضـوئي للشـمع أكبر بكثير من معامل انكسار الهواء.

2 – جذب الأتربة وتراكمها على أسـطح الأخشـاب المقواة نتيجة لتسـرب الشـمع من داخل الأخشـاب إذا تعرضت لزيادة في درجة الحرارة.(العسيلي:2006: 90-91)

2- الراتنجات واللواصق الصناعية

هى مواد غير متبلورة ، تكون إما صلبة هشة أو لينـة نصف صلبة ولا تذوب فى الماء وإنما تذوب إلى حد ما فى الكحول أو الإيثير أو الكلورفـورم أوالأسيتون أو الزيوت الثابتة أو العطرية . يراوح لونها ما بين الأصفر إلى البني، وتشتعل بلهب مدخن ذي رائحة عطري. (عبدالله:2012 :211-212).

ومن أهم الراتنجات الطبيعية المستخدمة في علاج الأخشاب:

- القلفونية (الروزين) (Colophony (Rosin :

وهي عبارة عن قطع غير منتظمة الشـــكل ومختلفة الحجم شـــفافة تنتج من بقايا تقطير الراتنج الزيتي الخام الذي يتم الحصول عليه من أشجار الصنوبر المختلفة، تتكون من مزيج من الـــأحماض العضوية أهمها حمض الأبيتيك ، ، ولونها أصفر باهت أو أصفر يميل إلى البني، هشة، وذات رائحة تربنتينة خفيفة، وطعمها مر إلى حد ما، وتذوب في الكحول والأثير والكلوروفورم والأسيتون وحمض الخليك، ولا تذوب الماء.

(العســـيلي: 2006: 95). وتتراوح درجة انصـــهارها بين 70-80°م، كما تتراوح كثافتها بين 1.07-1.08. وتســـتخدم القلفونية في علاج وترميم الأخشـــاب المختلفة بعد خلطها ببعض الراتنجات والشـــموع الطبيعية الأخرى بنسب مختلفة تبعاً لحالة الأثر المعالج، كما تستخدم في صناعة الورنيشات وغيرها. ولكن من عيوبها أنها ذات درجة حموضة عالية. حيث تتراوح قيمتها الحامضية بين 165-175. كما أن استخدامها كورنيش له عيوب كثيرة منها: اللون الشاحب، والبريق اللامع عند التطبيق حديثاً والذي يختفي بعد ذلك سريعاً بالتعرض للجو، كما أ، طبقة الفيلم المتكونة تصبح بيضاء بصورة دائمة بسبب تأثير الماء.(حسين: 2014: 59)

- الدامار Dammar:

يتم استخراجه من أنواع متعددة من أشجار Dipterocarpaceae التي تنمو في ولاية مالاء وشرق الهند. ويتم الحصول عليه بسهولة في رطربة لزجة عند جرح الأشجار، حيث يكون ذا رائحة عطرية تفقد عند تصلبه يذوب جزئياً في الكحول من أكثر الراتنجات المستخدمة في صناعة الورنيشات الواقية نظراً لسهولة استخدامه.(محمد عبدالله: 2012: 218).

- الشيلاك (الجملاكة) Shellac:

ينتج من الإفراز الراتنجي لحشرة اللاك Lac-Insect المعروفة باسم Carteria Lacca، حيث يتم جمع اللاك الخام من الأشجار وسحقه وتصنيفه، وتجمع أكبر الجسيمات التي يطلق عليها (بذرة اللاك) لصناعة أفضل أنواع الورنيش، ويعطي ورنيش الشيلاك سطحاً ناعماً أملساً، ويكون فيلماً متماسكاً، ولكنه غير مقاوم للرطوبة تماماً، ويستخدم كبطانة لدهان الأخشاب المستخدمة في التصوير.(العسيلي: 2006: 96).

ثانياً: الراتنجات واللدائن الصناعية Synthetic Plastics Resins

هي مواد عضوية يمكن صبها وتشكيلها بطرق ميكانيكية أو كيمياوية للحصول على مادة صلبة في درجات الحرارة العادية، وهي ذات طبيعة غير بلورية، ويمكن إضافة مواد أخرى إلى مكونات اللدائن بقصد زيادة متانتها أو إكسابها لوناً خاصاً .(أحمد عوض: 2002: 190).

- **تقسم الراتنجات و اللدائن الصناعية تبعاً لتأثرها بدرجات الحرارة إلى ما يلي:**

1- مجموعة الراتنجات التي تلين بالحرارة Thermo Plastic Resins
2- مجموعة الراتنجات التي تتصلد بالحرارة Thermo Setting Resins
3- مجموعة تتصلب على البارد Cold Setting

(إبراهيم عطية:2003: 239)

يتم إنتاج الراتنجات واللدائن الصناعية من:

1- تفاعلات تكثف أو بلمرة Condemnation Reaction.

في هذه الطريقة يتم تفاعل جزئين أوأكثر من جزيئات البوليمر مع خروج جزيئات الماء Dehydration .

2- تفاعلات بالإضاقة Addition Reaction:

يتم فتح الروابط الثنائية التي توجد في المركبات غير المشبعة مكونة تكافؤات حرة ثم تضاف إلى بعضها البعض لتكون جزىء البوليمر، مثل بلمرة الإثلين إلى البولى إثلين. (العسيلي:2006: 101).

تقسم الراتنجات واللدائن الصناعية تبعاً لدرجة الحرارة إلى :

1- بوليمرات تلين بالحرارة: Thermoplastic

وهي مواد صلبة تنصهر أو تلين بالحرارة ثم تتصلب ثانية عندما تبرد .وغالبا ما تكون قابلة للذوبان في المذيبات العضوية مثل الاسيتون والتولوين تستخدم كمحاليل لتقوية السطوح المتفتتة ، **مثل** خلات الفينيل المبلمرة Poly Vinyl a acetate (P.V.A

(إبراهيم عطية:2003: 239).

2-بوليمرات تتصلب بالحرارة:Thermo setting

وهي راتنجات أو لدائن تتشكل وتتصلب بالحرارة وتنتج من تفاعلات التكثيف،ويستعمل الضغط والحرارة في تشكيلها، وبعد التجمد لايمكن تطريتها أو صهرها بالحرارة كما أنها غير قابلة للذوبان في المذيبات العضوية ، .(العسيلي:105:2006)

3-بوليمرات تتصلب على البارد:Cold setting

وهي راتجات أو بوليمرات تحضر بخلط المونومر بالمجمد أو المصلب Hardener الخاص به في درجات الحرارة العادية، والراتنج المتجمد غير قابل للذوبان في المذيبات ،كما أنه لايمكن صهره أو تطريته بالتسخين . مثل الإبوكسي والمعروف تجارياً أرالديت.(العسيلي:105:2006).

ثانيا: لدائن مشتقات السيليلوز

بالإضافة إلى الأنواع السابقة من الراتنجات واللدائن الصناعية توجد أنواع أخرى من اللدائن الصناعية الناتجة عن تحوير بعض المواد الطبيعية ومنها لدائن مشتقات السيليلوز ومنها :

- نترات السيليوز $[C_6 H_7O_2 (ONO_2)_3]_n$ Cellulose Nitrate (C.N) .

الفصل الخامس

الفحوصات والتحاليل والجانب التجريبي والتطبيقي

التوثيق ووصف العناصر الخشبية (موضوع الدراسة)

التوثيق التاريخي

البيوت التراثية القديمة تعكس التطور الحضاري للشعوب في الزمن الماضي، إن بيت عبدالرحمن هو عبارة عن بيت تراثي في قرية سحم إحدى قرى لواء بني كنانة، وهو أحد البيوت التراثية القليلة التي لازالت قائمة في بيت سحم صورة (35) توضح البيت التراثي، تعود ملكية هذا المبنى إلى المرحوم الحاج عبدالرحمن أحمد سليمان الطوالبة ، الذي قام بتشيده في ثلاثينيات القرن العشرين

ويمكن وصفه بأنه مبنى يتكون من طابق واحد، يبلغ طوله 19.25 م كما و يتكون البيت من ثلاث غرف تم إنشاءه من جدران حجرية، بلغت طول الغرفة الواحدة 6.25 م ،وعرضها 4.9 م، وارتفاعها 3.75م وبلغ سمك الجدار في كل غرفة 75م .السقف شكله مستوي يتكون من جسور من جذوع الأشجار المحملة على القناطر، تعلوها طبقتين متعاكستين من نبات القصب، ثم يغطى بطبقة سميكة من الطين الممزوج بالتبن .

كان يستخدم هذا البيت لوقت قريب كمكان للسكن، وفي الوقت الحاضر أصبح يستخدم كمخزن. ولازالت إحدى الغرف تحتفظ بطابعها القديم الذي تمثلت فيه الحياة القديمة للبيت، والغرفة الآخرى من البيت تعاني من تلف في عناصرها المعمارية الخشبية المتمثلة في الأبواب والشبابيك.



صورة (35) تبين المبنى التراثي



صورة (36) تبين استخدام المبنى في الوقت الحاضر مخزناً



صورة (37) الشباك(العناصر الخشبية)



صورة (38) الباب (أحد العناصرالخشبية)

وصف العناصر الخشبية الموجودة في المبنى التراثي

يتكون المبنى من مجموعة من العناصر الخشبية ، وكما قال لي صاحب المبنى الخشب الذي صنعت منها الأبواب والشبابيك من خشب السويد والذي قام الصانع ابوعفار المغربي بصناعتها لسكان المنطقة فقد كان الصانع الوحيد لها ، وهي أخشاب مستوردة ، على الرغم من وجودها في المنطقه إلا ان عدم وجود الألات والمكينات لتصنعيها كان يتم جلبها من الخارج وسوف نوضحها بالتفصيل كما يلي:



صورة (39) الباب من الأمام



صورة (40) الباب من الخلف

بلغ طول الباب 2.20سم وعرض 50سم مغطى بطبقة من الدهان الابيض والبني المحمر، يحتوي الجزء العلوي للباب على زخرفة تمثل شكل شوكة خشبية كما هومبين في صورة (41)

يوضح الجزء الخلفي من الباب وجود دعامة حديدية موصول بالجدار كان يستخدم لإحكام إغلاق الباب توضحه صورة (42).



صورة (41) توضح الزخرفة الموجودة على الباب





صورة(42) الدعامة الحديدية



صورة (43) الشباك من الأمام



صورة (44) الشباك من الخلف

بلغ طول 180سم وعرض 80سم الشباك من الامام يظهر مغطى بشبك معدني للحماية، يظهر الخشب بلون باهت.

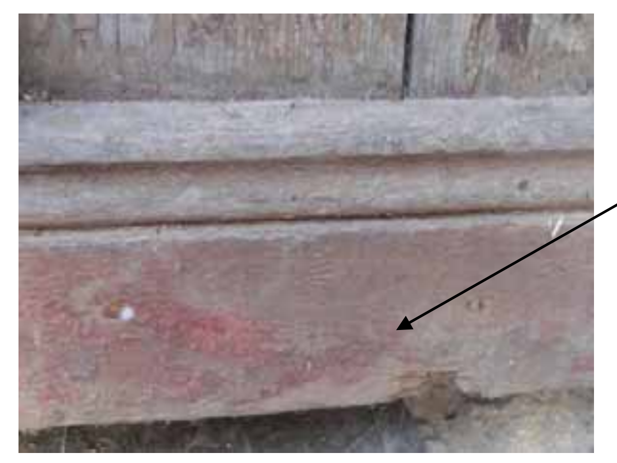
تعد مرحلة الدراسة والتحاليل من أولي الخطوات الأساسية والمهمة في عمليات علاج وصيانة الأخشاب، وتتعدد الطرق المستخدمة لعمليات الفحوص والتحاليل والتي تحددها نوع وحالة الخشب ومدى ما أصابه من تلف - ومن أهم طرق الفحص والتحليل التي تستخدم لدراسة الخشب مايلى :

أولا: الفحص المبدئي بالعين المجردة والتصوير الفوتوغرافي:

تم فحص العناصر الخشبية بالعين المجردة وهو أول انواع الفحص حيث تبين لنا العديد من مظاهر التلف في هذه العناصر والاتساخات المختلفة التي تظهر على سطح الخشب، وقد تم توثيق ذلك بالتصوير الفوتوغرافي لكل عنصر من العناصر الخشبية- موضوع الدراسة- والذي يعتبر من أهم وسائل التوثيق العلمي والذي يساعد القائم على عملية الترميم من عمل مقارنة بين عمليات الترميم قبل وبعد الترميم.

- تراكم الإتساخات والأتربة على كل من العناصر الخشبية موضوع الدراسة كما تبينه الصورة (45،46)
- وجود طبقة من السناج (الشحبار) تظهر في الصورة (47)
- وجود إنفصالات في الألواح الخشبية المكونة للأبواب والشبابيك، تظهر في الصور(48،49)
- وجود طبقات متراكمة من الدهان على العناصر الخشبية تبينه الصور(50، 51)
- وجود تقشر في سطح الخشب وكذلك تأثر خشب الابواب والشبابيك بطبقة الصدأ.(52، 53)
- وجود إصابات بيولوجية كما يظهر في الصور(54،55)
- هشاشة وضعف في سطح الخشب و تغير و بهتان في الون الطبيعي للخشب يظهر في الصور(56،57).
- وجود عيوب طبيعية في الخشب المكونة منه العناصر الخشبية مثل العقد، كما تبينه الصورة (58).
- فقدان وتأكل بعض أجزاء العناصر الخشبية تبينه الصور(59،60).
- تقشر طبقة الدهان وانفصالها عن سطح الخشب تبينه الصورة.(61)

<u>**صور توضح مظاهر التلف المختلفة فى العناصر الخشبية**</u>


صورة (45)


صورة (46)

الصور (45، 46) تبين وجود الأتربة والإتساخات على العناصر الخشبية



الصورة (47) تبين طبقة السناج



صورة (48) وجود إنفصالات في الخشب



صورة (49) تبين وجود شروخ



صورة (50) طبقة من الدهان الابيض



صورة (51) طبقة الدهان الأحمر



الصورة (52) تقشر في سطح الخشب



صورة (53) صدأ نتيجة وجود وفصل معدني



صورة (54) إصابة حشرية



صورة (55) بيولوجية



صورة (56) بهتان فيطبقة الدهان ولون الخشب



صورة (57) بهتان لون الدهان



صورة (58) عيوب طبيعية بالخشب(العقد)



صورة (59) تآكل سطح الخشب



صورة (60) فقدان جزء من الخشب



صورة (61) تقشر في طبقة الدهان
وانفصالها عن سطح الخشب

ثانيًا: الفحص الميكروسكوبي

تمت عملية الفحص وذلك لكشف عن طبقات الاتساخات الموجودة ، ونستطيع رؤية العناصر التي يصعب رؤيتها بالعين المجردة لذا يستخدم الفحص الميكروسكوبي،وفي هذا المجال يمكن استخدام الستيريو ميكروسكوب.

الستيريو ميكروسكوب Stereo microscope:

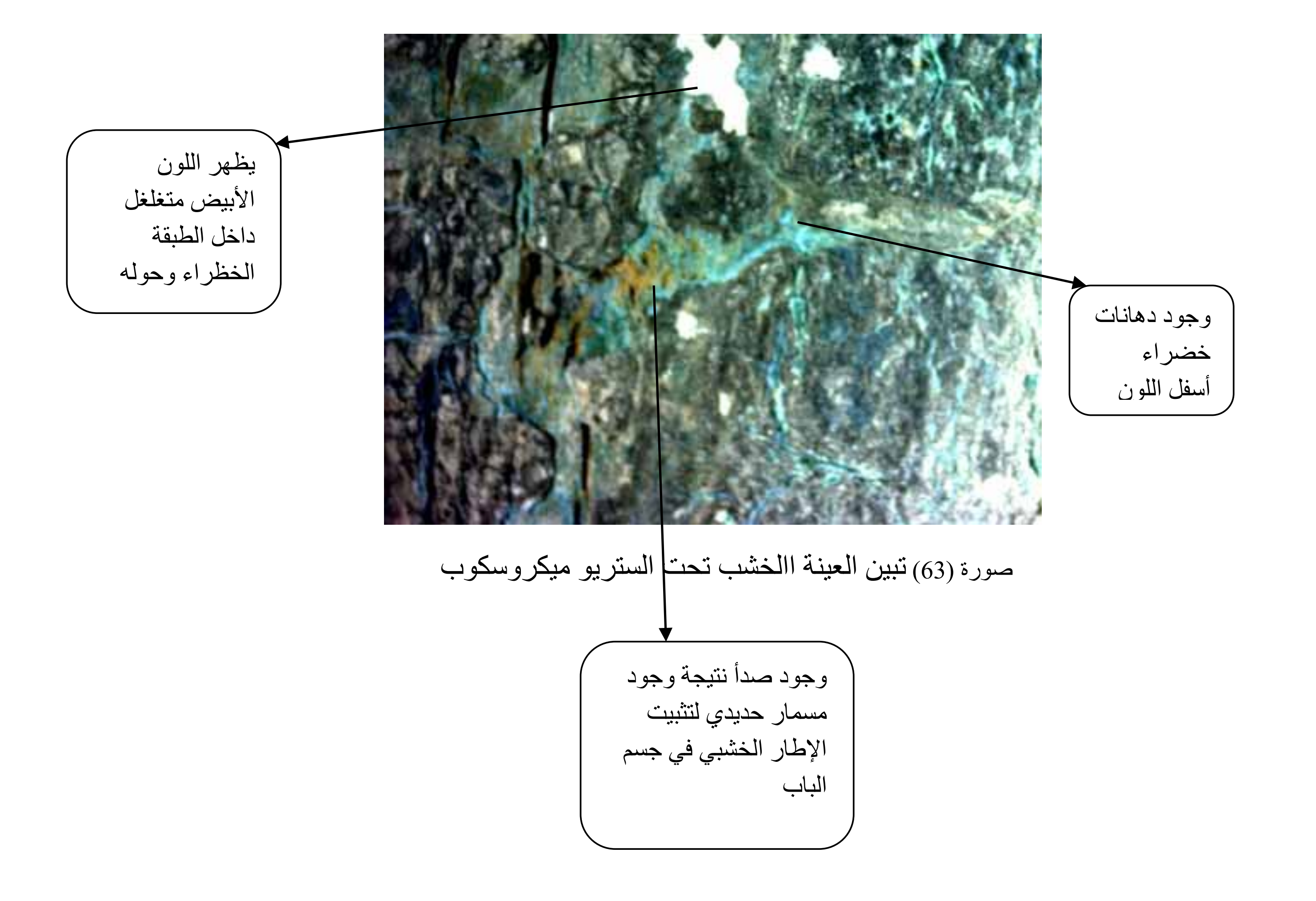
يستخدم للحصول على صورة مكبرة جدًا، حيث يوجد عليه كاميرا رقمية تعمل على اقتناء الصور، والأرشفة، والتحليل، وينتج صور مثالية ومريح في الاستخدام ويعطي صور ثلاثية الأبعاد ويستطيع معالجه الصورة وتكبيرها كما يريد الباحث. وكثيرا ما يستخدم المجهر ستيريو لدراسة أسطح العينات الصلبة.
وتم استخدام الستيرو ميكروسكوب نوع
(stemi 2000- C , Axio Cam ERC5 s, TV 2/3"C 0.63X 1069-414) الموجود في مختبرات كلية الآثار والأنثروبولوجيا بجامعة اليرموك كما في الصورة(62)



صورة (64) جهاز الستيريو ميكروسكوب

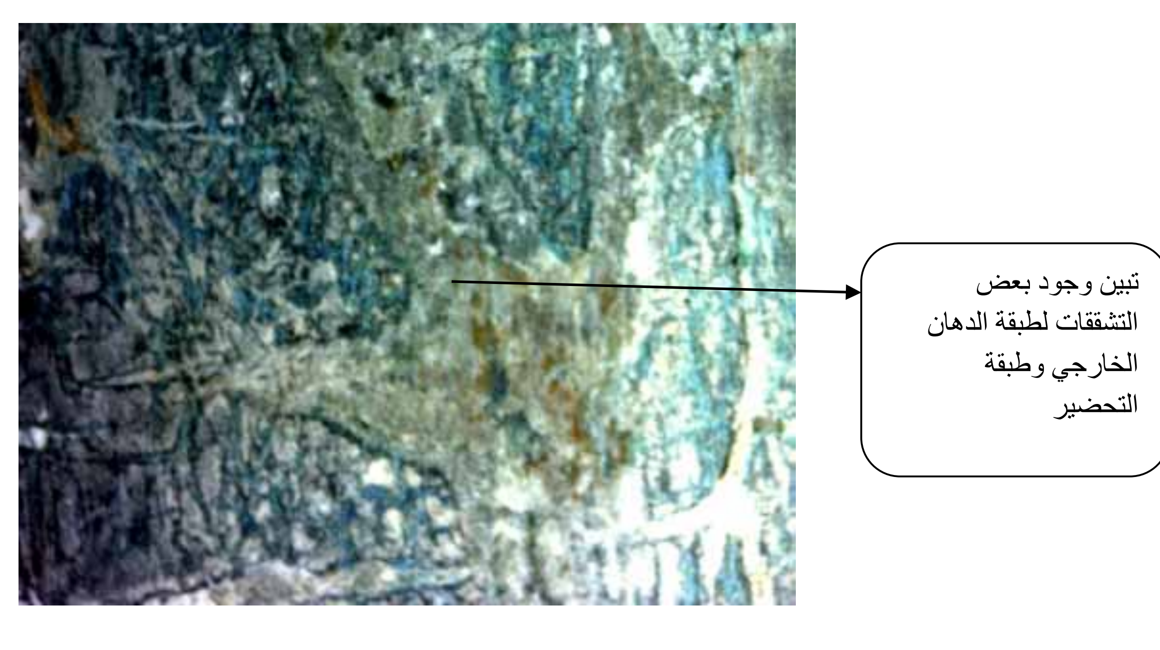
وتم أخذ عينة من الجزء العلوي من الباب(العناصر الخشبية) وتم تحليلها وكانت النتائج كما يلي:

1. الصورة الأولى عينة من الإطار الخشبي الجزء الإيمن تحت الستيريوميكروسكوب بقوة تكبيرالعينة 0.65×10^{2} صورة (63)، أما التكبير الثاني للعينة فكان3.2×10^{2}



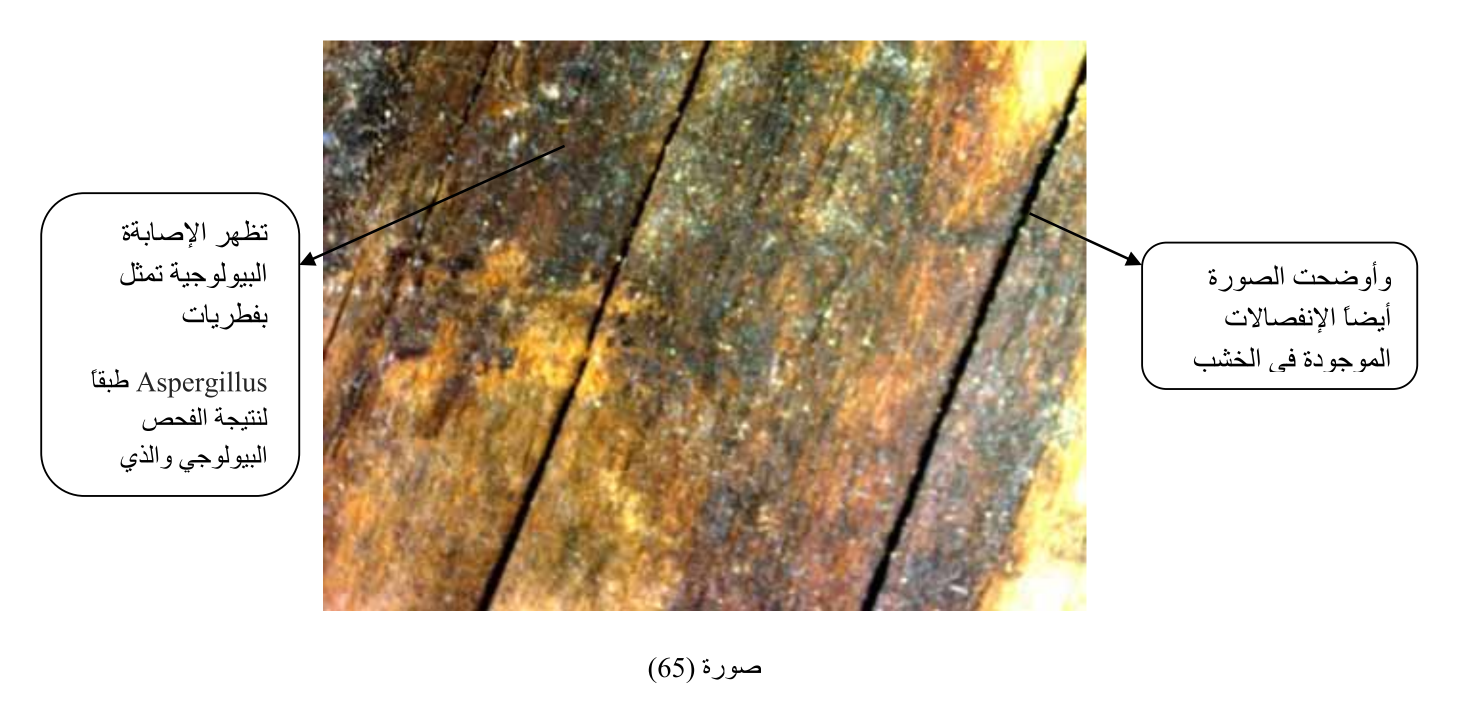
صورة (63) تبين العينة االخشب تحت الستريو ميكروسكوب

2- االصورة الثانية أيضا تم أخذها من الإطار الخشبي الجزء الإيمن، وتم تكبير العينة 0.65×10^{2} الصورة (64) والتكبير الثاني كان 2.9×10^{2}.



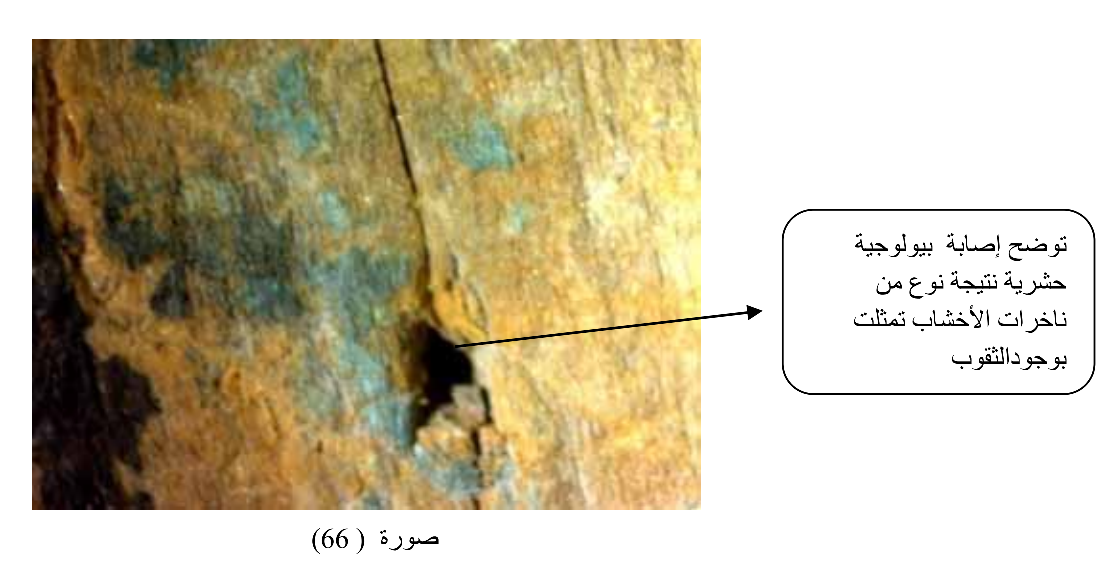
صورة (64)

3- الصورة الثالثة أيضا أخذت من الإطار الخشبي الجزء الإيمن وتم تكبير العينة0.65×10 [2] الصورة (65) وتم التكبير الثاني 2.4×10



صورة (65)

الصورة الرابعة أيضا أخذت من الإطار الخشبي الجزء الإيمن وتم تكبير العينة0.65×10 وتم التكبير الثاني 2.4×10 الصورة (65).



صورة (66)

ثالثاً:التحليل باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية X- Ray Diffraction (XRD)

تعتبر طريقة حيود الأشعة السينية من أكثر طرق الفحص والتي يمكن من خلالها التعرف على المركبات للعينة المراد تحليلها، وهذه الطريقة من أهم الطرق التي تعطي نتائج دقيقة للمكونات الداخلية للمادة الاثرية.

من خلال هذا التحليل تم التعرف على مركبات الألوان المراد إعادة تطبيقها في ترميم العناصر الخشبية.

حيث تم تحليل عينتين من الألوان الموجودة على العناصر الخشبية وقد تم تحضير العينات في مختبرات كلية الآثار جامعة اليرموك، وتم استخدام المطحنة اليدوية كما في الصورة (67) ثم وضع بعد ذلك في أنابيب كما في الصورة (68).

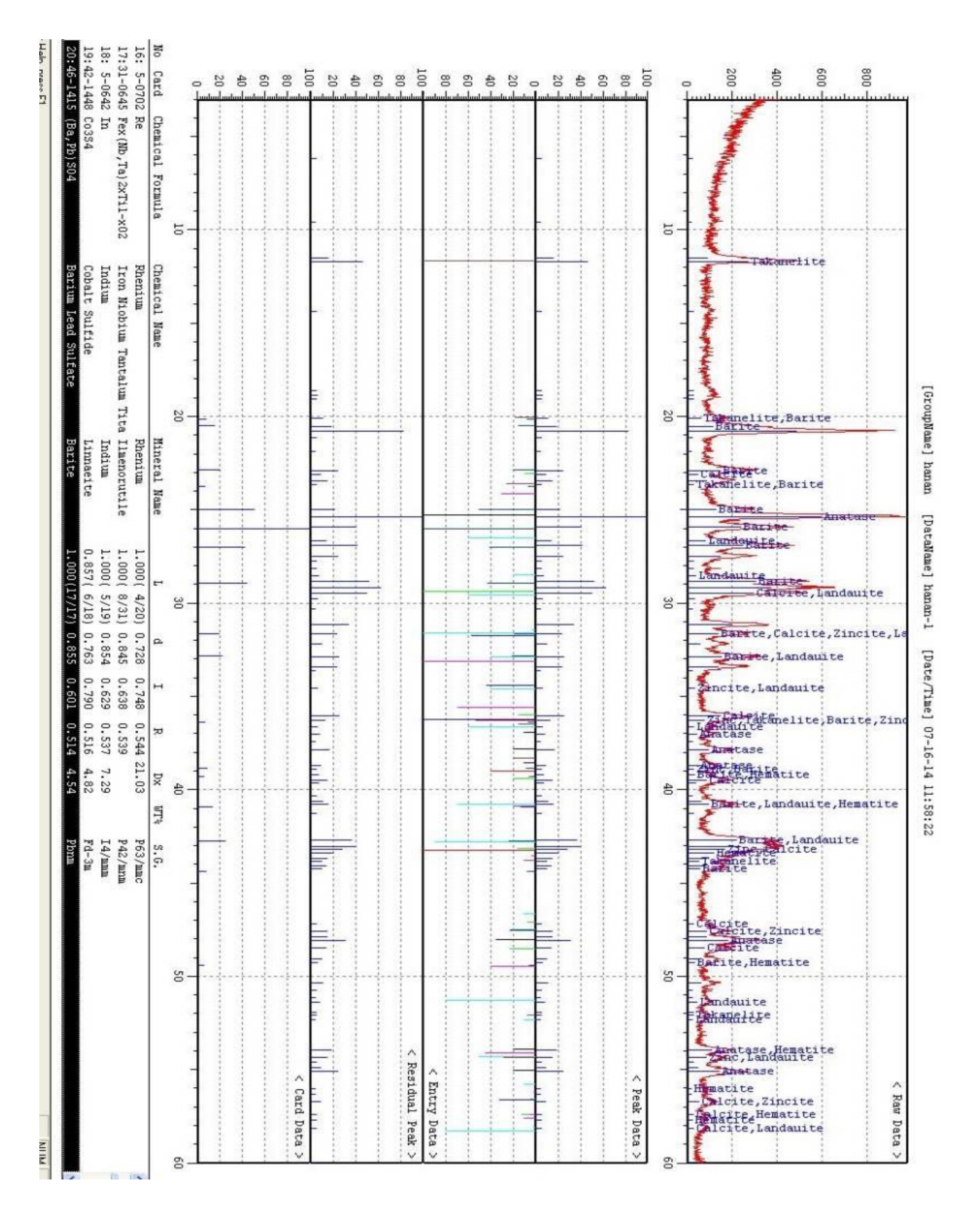


الصورة (67) العينات بالمطحنة اليدوية



الصورة (68) العينات بعد الطحن

العينة الأولى كانت عبارة عن لون أبض الموجودة في الجزء الأوسط من الباب، وتم الحصول على نمط حيود الأشعة السينية (XRD) كما في الشكل (69).



[GroupName] hanan [DataName] hanan-1 [Date/Time] 07-16-14 11:58:22
< Raw Data >
< Peak Data >
< Entry Data >
< Residual Peak >
< Card Data >
No Card Chemical Formula Chemical Name Mineral Name L d I R Dx WT% S.G.
16: 5-0702 Re Rhenium Rhenium 1.000(4/20) 0.728 0.748 0.544 21.03 P63/mmc
17:31-0645 Fex(Nb,Ta)2xTi1-xO2 Iron Niobium Tantalum Tita Ilmenorutile 1.000(8/31) 0.845 0.638 0.539 P42/mnm
18: 5-0642 In Indium Indium 1.000(5/19) 0.854 0.629 0.537 7.29 I4/mmm
19:42-1448 Co3S4 Cobalt Sulfide Linnaeite 0.857(6/18) 0.763 0.790 0.516 4.82 Fd-3m
20:46-1415 (Ba,Pb)SO4 Barium Lead Sulfate Barite 1.000(17/17) 0.855 0.601 0.514 4.54 Pbnm

صورة(69)

ومن خلال هذا التحليل وكما هوموضح في الصورة (69) تبين أن العينة تتكون من :

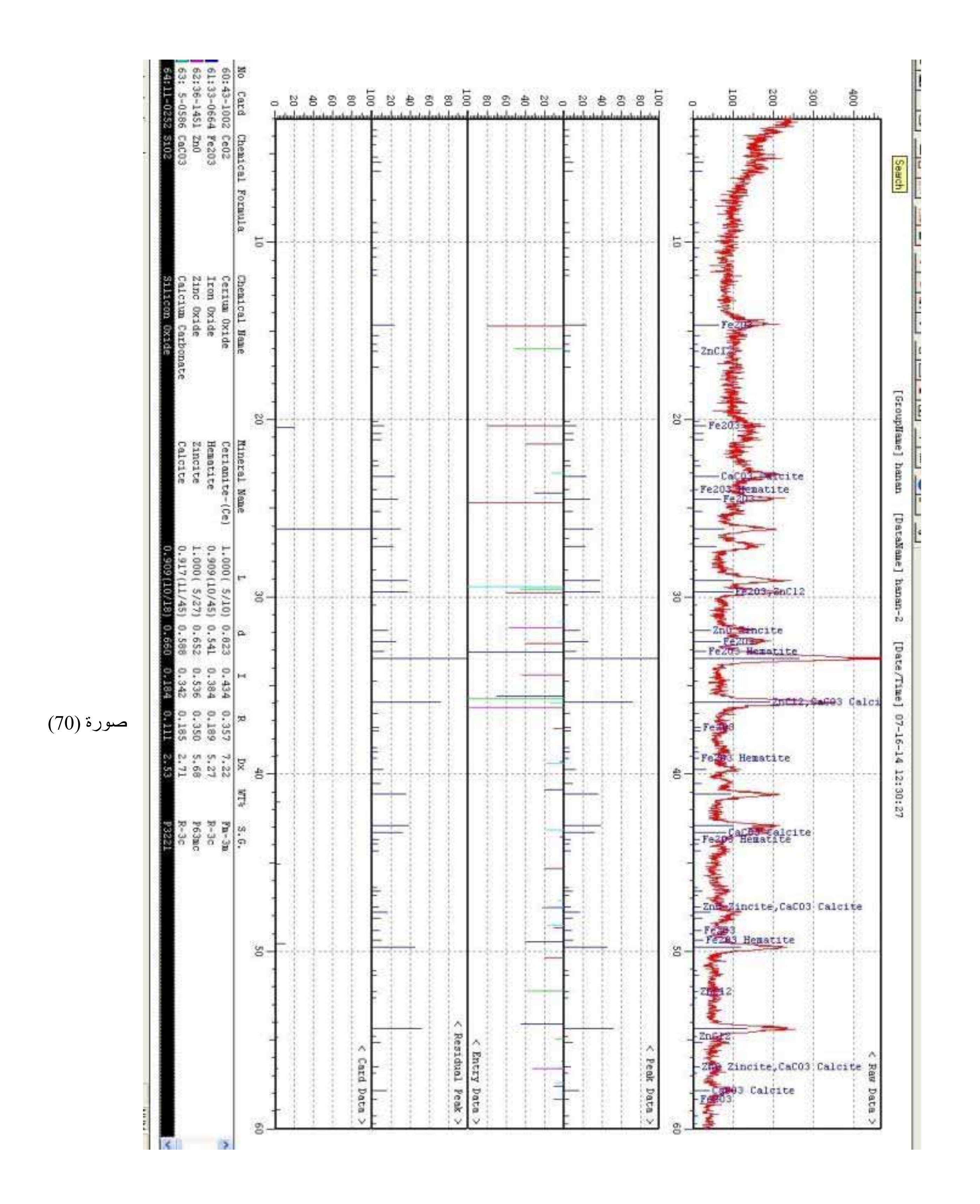
Chemical name:	Mineral name:
- Rhenium	Rhenium
- Indium	Indium
- Cobalt sulfide	Linnaeite
-zinc oxide	zinccit

وأن اللون الأبيض عبارة عن اكسيد الزنك ZnO_2

العينة الثانية كانت عبارة عن لون بني المحمرمن الموجودة في الجزء السفلي من الشباك ، وتم الحصول على نمط حيود الأشعة السينية (XRD) كما في الشكل (70). ومن خلال هذا التحليل وجود معادن كثيرة وهي:

Chemical name:	Mineral name
Cerium oxide	Cerianite
Calcium carbonate	Calcite
Iron oxide	Hematite

تبين لنا أن اللون عبارة عن أحمر الهيماتيت وهو أكسيد الحديد Fe_2O_3.


Search
[GroupName] hanan [DataName] hanan-2 [Date/Time] 07-16-14 12:30:27
< Raw Data >
< Peak Data >
< Entry Data >
< Residual Peak >
< Card Data >
No Card Chemical Formula Chemical Name Mineral Name L d I R Dx WT% S.G.
60:43-1002 CeO2 Cerium Oxide Cerianite-(Ce) 1.000(5/10) 0.823 0.434 0.357 7.22 Fm-3m
61:33-0664 Fe2O3 Iron Oxide Hematite 0.909(10/45) 0.541 0.384 0.189 5.27 R-3c
62:36-1451 ZnO Zinc Oxide Zincite 1.000(5/27) 0.652 0.536 0.350 5.68 P63mc
63: 5-0586 CaCO3 Calcium Carbonate Calcite 0.917(11/45) 0.588 0.342 0.185 2.71 R-3c
64:11-0252 SiO2 Silicon Oxide 0.909(10/18) 0.660 0.184 0.111 2.53 P3221

صورة (70)

رابعاً: الفحص البيولوجي Biological investigation:

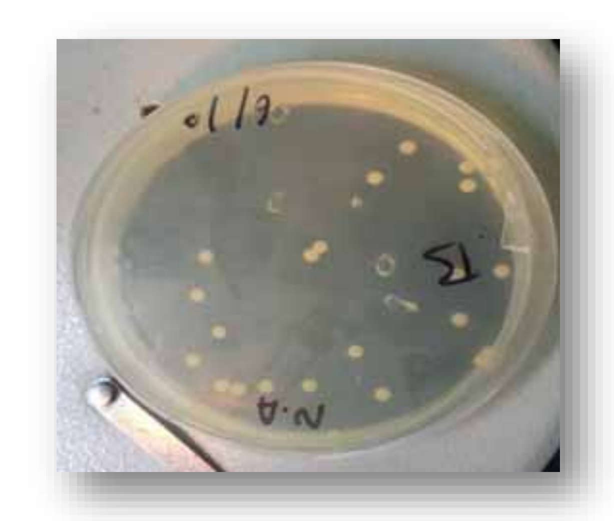
تعتبر العوامل البيولوجية من أخطرالعوامل المترتبة علي وجود الرطوبة حيث أنها توفربيئة ملائمة تماماً لنمو وتواجد الكائنات الحية الدقيقة وتكاثرها، ويعتبر الفحص البيولوجي من الفحوصات الهامة في التعرف على نوع التلف البيولوجي لتحديد المواد المناسبه في علاجه.

من خلال هذا التحليل تم التعرف على نوع التلف البيولوجي الذي تعاني منه العناصر الخشبية – موضوع الدراسة.

تم أخذ 4 عينات عن سطح الخشب- موضوع الدراسة – وكانت من الجزء الأوسط من الباب أحد العناصر الخشبية، كما في الصورة (71)، وتنميتها في مختبر البيولوجيا في كلية العلوم في جامعة اليرموك، وكانت النتيجة كما يلي:



صورة (71) توضح أخذ مسحة للفحص البيولوجي



الصورة(72) توضح البكتيريا الموجودة على الخشب بعد تنميتها



الصورة (73) توضح الفطروجد على الخشب بعد تنميته

وبعد إجراء الفحص البيولوجي تم التعرف على ثلاث أنواع من البكتيريا ونوع واحد من الفطريات وهي مبينة في الجدول (2)

الأثر	رقم العينة	النتيجة
الباب (أحد العناصر الخشبية	1	Micrococcus sp
	2	*Staphylococcu* sp
	3	Aspergillus
	4	Enterococcus

<u>تم التعرف على ثلاث أنواع من البكتريا:</u>

1- ***Micrococcus sp***

2- ***Staphylococcu sp***

3- ***Enterococcus sp***

وأوضحت نتيجة الفحص البيولوجى تواجد نوع من الفطريات وهو:

- **:Aspergillus Niger**

هو جنس يتكون من عدة مئات من أنواع العفن وقد وجدت في المناخات المختلفة حيث يلون الخشب بطريقة لا يمكن التخلص منها، ولا يؤثر علي الأخشاب إلا من ناحية الشكل أما الصلابة فلا تتأثر.

خامساً: فحص الخواص الميكانيكة للأخشاب بجهاز Compression Test Machine

الخواص الميكانيكية للأخشاب هي تلك الخواص التي تشير إلي سلوك المادة الخشبية تجاه المؤثرات الخارجية (القوي والأحمال) والتي تؤدي إلي إحداث تغيرات في الشـــكل أو الأبعاد أو أي صـــورة أخري من صـــور التشوه.

في هذا الجزء من الفحوصـــات تم عمل فحص ميكانيكي لعينات من الخشـــب مماثله لعينات الدراســـة لمعرفة أقصـــى قوة تحمل لها عن تعرضـــها للقوى الخارجية قبل عملية التقوية لها، وإعادة عمل الفحص بعد إجراء التقوية لها بمواد التقوية.

وقد اســـتخدم جهاز compression test machine كما هو مبين في الصـــورة (74) الموجود في مختبر المواد في جامعة العلوم والتكنولوجيا، لقياس القوى الميكانيكية للخشب قبل وبعد التقوية.



الصورة (74) توضح جهاز قياس الخواص الميكانيكية



الصورة (75) توضح العينة في الجهاز

نتائج الفحوصات الميكانيكية قبل عملية التقوية:

قبل إجراء الفحص الميكانيكي تم إعداد 5 عينات من الخشب مماثلة للخشب- موضوع الدراسة- بمقاسات 5X5X5 سم طبقاً لمقاييس الجهازكما في الصورة (76) وقد تم قياس قوة التحمل الميكانيكي للعينات قبل التقوية وبعدها وكانت النتائج كما يلي:



الصورة (76) نماذج الخشب التي تم إعدادها

Load kn/sec	Stress	رقم العينة
4.0 N/K	2.50 n/mm^2	1
5.94 N/K	3.71 n/mm^2	2
5.30 N/K	1.31 n/mm^2	3
7.47 N/K	4.67 n/mm^2	4
24.28 N/K	15.18 n/mm^2	5

جدول (3) يوضح نتائج الفحص الميكانيكي قبل التقوية للعينات

نتائج الفحوصات الميكانيكية بعد عملية التقوية:

			قبل التقوية		بعد التقوية	
رقم العينة	مادة التقوية	التركيز	Stress n/mm^2	Load kn/sec	Stress n/mm^2	Load kn/sec
1	بارالويد ب 72	5%	2.50	4.0	1.98	3.17%
2	البريمال	5%	3.71	5.94	2.025	4.44%
3	الشمع والقلفونية مذابين في تراي كلوروإثلين	3%	1.31	5.30	2.368	3.79%
4	أرالدايت	3%	4.67	7.47	5.89	9.43%
5	كربوكسي ميثيل سليلوز	5%	15.18	24.28	1.183	1.89%

جدول (4) يوضح نتائج الفحص الميكانيكي بعد التقوية للعينات

- من تحليل الفحوصات الميكانيكية لعينات الخشب بعد التقوية اتضح أن أكثر ضغط تتحمله عينات الخشب المعالج بمادة البارلويد ب72 هو 1.98 n/mm^2 وأن أقصى حمل لنفس نوع الخشب هو 3.17%.

- وأن اكثر حمل تتحمله العينة المقواه بالبريمال 4.44% وتتحمل ضغط 2.025 .

- وأن اكثر حمل تتحمله العينة المقواه بالشمع والقلفونية مذابين في تراي كلوروإثلين 3.79%وتتحمل ضغط 2.368 .

- وأن اكثر حمل تتحمله العينة المقواه بأرالديت 9.43% وتتحمل ضغط 5.89 .

- وأن اكثر حمل تتحمله العينة المقواه بمادة الكربوكسي ميثيل سليلوز 1.89% وتتحمل ضغط 1.183 .

أولاً: الجانب التجريبي من الدراسة:

يهدف الجانب التجريبي للوصول إلى أفضل المواد والطرق المستخدمة في معالجة الأخشاب سواءاً في عمليات التنظيف أو التقوية أو الإستكمال، والتي تتناسب مع طبيعة العناصر الخشبية- موضوع الدراسة، دون أن تلحق بها أي ضرر.

1- تجريب مواد التنظيف:

اعتمدت الدراسة على إعداد عينة من نفس نوع الخشب - موضوع الدراسة - وهي عبارة عن قطعة من الخشب طولها 47سم، قسمت إلى 9 أجزاء كما هو مبين في صورة (77) بلغ طول كل جزء منها 6.2سم .



صورة (77) تبين عينة الخشب بعد تقسيمها

تم اختيار بعض مواد التنظيف والشائع استخدامها في مجال الآثار وذلك لتجريبها ، كما هو مبين في الصورة (78) وهي كالآتي :



صورة (78) توضح المواد والأدوات المستخدمة في التنظيف

1- الكحول الايثيلي Ethanol C_2H_5N
2- الكحول الميثيلي Methanol CH_3OH
3- تراي كلورو إيثلين Trichloroethylene C_2H_4
4- الكيروسين Kerosene
5- أسيتون Acetone CH_3COCH_3
6- داي ميثل فورماميد Di methyl form amide C_3H_7NO
7- بنزين Benzene C_6H_6
8- تنر Thinner
9- طولوين Toluene $C_6H_5CH_3$

حيث تم تطبيقها على مادة على عينات من الخشب من نفس نوع الخشب موضوع الدراسة ، وبدأت عملية التنظيف لكل عينة بعمل كمادة والتي تطبق بوضع قطعة من القطن الأتساخات وطبقة الدهان، وبعد ذلك توضع المادة فوقها باستخدام الفرشاة وتغطيتها بورق القصدير وتترك لمدة 15 دقيقة.

1- الكحول الايثيلي Ethyl alcohol C_2H_5N (الإيثانول)

والذي يتكون من مجموعة الهيدروكسيل، ويفضل استخدم كمامات للأنف عند التعرض لمدة طويلة له و يستخدم في أماكن جيدة التهوية، يستخدم في التنظيف الجدول رقم (5) خصائص الكحول الإيثيلي.

الخصائص	
الشكل	سائل عديم اللون
الكثافه	0.789 غ/ سم^3
درجة الإنصهار	114.3-C^0
درجة الغليان	78.4C^0
الذوبان	كامل الذوبان في الماء

جدول رقم (5) يبين خصائص الكحول الايثيلي

كان يتم إضافة الكحول الإيثيلي CH_3OH الذي بلغ تركيزة 99.5% على القطن الموضوع فوق عينة الخشب وتغطيتها بورق القصدير لمدة 15 دقيقة.

وكانت النتيجة أن الكحول الإيثيلي لم يعطيو نتيجة مقبولة في تنظيف طبقة الدهان والاتساخات عن الخشب.



صورة (79) تبين وضع القطن



صورة (80) تبين تشريب الإثانول على القطن



صورة (81) تغطي الكمادة بالقصدير



صورة (82) تبين نتيجة استخدام الإيثانول في التنظيف

2- الكحول الميثيلي Methyl alcohol CH_3OH

عبارة عن مركب هيدروكربوني يتألف من الكربون والهيدروجين والأكسجين الذي ينتمي إلى صنف الكحولات، وقد يسمى إما ميثانول أو روح الخشب.وجدول (6) يوضح خصائص الكحول الميثيلي (السروجي 2010: 180) .

الخصائص	
الشكل	سائل عديم اللون
الكثافه	0.79 غ/ سم^3
درجة الإنصهار	85-C^0
درجة الغليان	65C^0
الذوبان	يذوب في الماء والايثانول

جدول رقم (6): يبين خصائص الميثانول

وكانت النتيجة أن الكحول االميثيلي لم يعط نتيجة مقبولة في تنظيف للاتساخات والدهان كما في صورة (83)



صورة (83) تبين نتيجة االميثانول في التنظيف

3- تراي كلورو إيثلين Trichloroethylene C_2H_4

يعتبر من المخدرات الفعالة وتم إيقاف استخدامه نتيجة لتأثيره السام، وهو سائل عديم اللون، وهو غير مشتعل، وله استخدامات كثيرة ومن هذه الاستخدامات أنه مزيل للدهانات، ويحضر من كلورو الايثلين في وجود الجير أو أكسيد الكالسيوم.

كانت النتيجة إزالة جزء من طبقة الدهان وبعض الإتساخات كما هو موضح في صورة (84)



صورة (84) تبين نتيجة التنظيف باستخام التراي كلوروإثلين

4- الكيروسين Kerosene

هو سائل هيدروكربوني ،مشتق من النفط ،قابل للاشتعال وذو رائحة مميزة.

كانت النتيجة عدم إزلة طبقة الدهان والإتساخات كماهوموضح في الصورة رقم (85).



صورة (85) تبين نتيجة استخدام الكيروسين في تنظيف ادهان والإتساخات

5- أسيتون Acetone CH_3COCH_3

يعرف أيضاً با(البروبانون أو كيتون ثنائي الميثيل بالصيغة CH3COCH3 هو مركب كيميائي عضوي، عبارة عن سائل شفاف عديم اللون متطاير قابل للاشتعال .ويجب استخدام الأسيتون في جو وأماكن جيدة التهوية، لأنه عند امتصاصه عن طريق الجلد فيسبب جفافه وحساسيته ، كما أن تأثيره ضار على العين، واستنشاق أبخرته يسبب الغثيان و الجدول رقم(7) يوضح خصائص الأسيتون (السروجي: 2010: 175)

الخصائص	
الشكل	سائل عديم اللون
الكثافه	0.792 غ/ سم
درجة الإنصهار	$94.7C^0$
درجة الغليان	56م[5]
الذوبان	يذوب في العديد من المذيبات العضوية، الماء

جدول رقم (7): يبين خصائص الأسيتون

وعند التجربة التي قمنا بها من خلال عملية التنظيف به فقد تبين لنا انه بإمكانه إزالة الإتساخات والدهان القديم ولكن ليست بشكل كامل كماهوموضح في الصورة رقم (86)



صورة (86) تبين نتيجة الأسيتون في التنظيف

6- داي ميثل فورماميد Di methyl form amide C_3H_7NO

هو مركب عضوي صيغته الكيميائية C_3H_7NO. ويطلق عليه عادة بشكل مختصر(**DMF**) ، وهو سائل عديم اللون ممزوج مع الماء وغالبية السوائل العضوية. يستخدم DMF بشكل شائع كمذيب في التفاعلات الكيميائية.

الخصائص	
صيغة جزيئية	C_3H_7NO
المظهر	سائل عديم اللون
الكثافة	0.94 غ/سم^3
نقطة الانصهار	° 61- س
نقطة الغليان	° 153س

جدول رقم (8) يبين خصائص DMF

وعند التجربة التي قمنا بها من خلال عملية التنظيف به فقد تبين لنا ان المركب DMF أعطى أفضل نتيجة في إزلة كاملة للدهان والإتساخات كماهوموضح في الصورة رقم (86).



صورة (86) تبين نيجة استخدام DMF في التنظيف

7- بنزين Benzene C_6H_6

سائل عديم اللون، قابل للاشتعال،هو من مشتقات البترول .

الخصائص	
الشكل	عديم اللون
االكثافة	g/cm^3 0.8786
درجة الغليان	353.2 C 80.1 K
الذائبية في الماء	C°)25) وعندg/l 1.79

جدول رقم(9) يبين خصائص البنزين

وعند التجربة التي قمنا بها من خلال عملية التنظيف بالبنزين فقد تبين لنا انه لم يعطي إي فاعلية في إزلة طبقة الدهان والإتساخات كماهوموضح في الصورة رقم(89).



صورة (89) نتيجة استخدام البنزين في التنظيف

8- تنر Thinner

سائل شفاف، سريع الاشتعال، ، يستخدم في مكان جيد التهوية.

وعند التجربة التي قمنا بها من خلال عملية التنظيف بالتنر فقد تبين لنا انه إزلة جزء من طبقة الدهان والإتساخات كماهوموضح في الصورة رقم (90).



صورة (90) تبين نتيجة التنر في التنظيف

9- طولوين Toluene $C_6H_5CH_3$

الاسم العلمي هو ميثيل البنزين(Methylbenzen) يستخدم التولوين $C_6H_5CH_3$في أماكن جيدة التهوية لأنه يسبب الصداع والغثيان لان لها تأثير المخدر ويبن الجدول رقم (8) خصائصه.

الخصائص	
الشكل	سائل عديم اللون
الكثافه	0.8669 غ/ مل
درجة الإنصهار	$^{0}C93$-
درجة الغليان	$^{0}C110.6$
الانحلاليه في الماء	0.47 غم/ل ماء عند 20-25 ^{0}C

جدول رقم (10) يوضح خصائص الطولوين

وعند التجربة التي قمنا بها من خلال عملية التنظيف بطولوين فقد تبين لنا انه لم يعطي إي فاعلية في إزلة طبقة الدهان والإتساخات كماهوموضح في الصورة رقم(91)



صورة (91) تبين نتيجة الطولوين في التنظيف



صورة (92) النتيجة النهائية في اختبار مواد تنظيف طبقه الاتساخات والدهان

رقم	المادة	النتيجة
1	Ethyl alcohol C_2H_5N	*
2	Methyl alcohol CH_3OH	**
3	Trichloroethylene C_2H_4	*
4	Kerosene	—
5	Acetone CH_3COCH_3	*
6	Di methyl form amide C_3H_7NO	***
7	Benzene C_6H_6	—
8	Thinner	**
9	Toluene $C_6H_5CH_3$	—

الجدول رقم(11) يوضح نتيجة التنظيف بالمذيبات المختارة

(ــــ) تعني النتيجة غير مرضية في إزالة الألوان

(*)مرضية إلى حد ما

(**) مرضية بمستوى متوسط

(***)مرضية جداً

بعد إجراء تجارب التنظيف لطبقة الاتساخات والدهان عن الخشب تبين لنا أن طريقة التنظيف باستخدام المركب داي ميثل فورماميد بطريقة الكمادات حقق أفضل مادة في إزالة كاملة لطبقة الدهان الموجودة على سطح الخشب والإتساخات.

دراسة تجريبية على المواد المستخدمة فى تقوية الأخشاب

المواد المقترح تجريبها على عينات الدراسة لأختيار أفضل مادة حققت أفضل نتيجة:

تم إعداد خمس عينات من نفس نوع الخشب المستخدم في العناصر الخشبية موضوع الدراسة بمقاسات 5X5X5 سم كما هو مبين في الصورة رقم (93).



صورة (93)

تحضير مواد التقوية المراد تطبيقها على عينات الخشب:

1- البارالويد ب Paraloid B 72 المذاب في الأسيتون بتركيز 5%
2- البريمالPrimal AC33المذاب في الماء بتركيز5%
3- شمع والقلفونية المذابين في تراي كلوروإثلين بتركيز 3%
4- Araldite بتركيز3%
5- كربوكسي ميثيل السيليلوز C.M.C مذاب في الماء بتركيز5%

وقد استخدمت الفرشاة في تطبيق مادة التقوية على عينات الدراسة كما هومبين في الصورة رقم (94)



صورة (94)

الجدول رقم(12) المواد التقوية

رقم العينة	المادة المقوية	المذيب	التركيز
1	Paraloid B72	تراي كلورو إثلين	%5
2	Primal AC33	الماء	%5
3	شمع والقلفونية	تراي كلوروإثلين	%3
4	Araldite	تنر	%3
5	كربوكسي ميثيل السيليلوزC.M.C	الماء	%5

بعد أن تم تقوية العينات بالمواد التقوية، وإجراء الإختبار الميكانيكي للعينات بعد التقوية تبين أن أكثر مادة يمكن استخدامها لتقوية الأخشاب هي Aradite واضعف مادةهي الكربوكسي ميثيل سليلوز.

إلا أن مادة الأرالديت لا تصلح لتقوية جميع أنواع الأخشاب، كما أنها مادة غير محببه عند استخدامها لانها مادة غير استرجاعية ، وكذلك لزوجتها عالية مما يجعل تغلغلها داخل أجزاء الخشب الضعيفه غير مضمونه.

ومادة التقوية الثانية كانت عبارةعن الشمع والقلفونية مذابين في التراي كلوروإثلين أعطت نتيجة جيدة في تقوية الخشب طبقاً لنتيجة التحليل.

وتلاها بعد ذلك مادة البارالويد ب72 المذابة في التراي كلورو إثلين بنسبة 5% وهو من المواد المحبب استخدامها في تقوية الاخشاب مع ملاحظه عدم إذابته في الأسيتون.

من هنا يتضح أن استخدام الشمع والقلفونيه في التراي كلوروإثيلين هي أفضل طريقة للتقوية وخاصة أن الشمع من المواد الطبيعية لاتسبب أي أثر جانبي عند العلاج.

ثانياً: الجانب التطبيقي

مراحل معالجة العناصر الخشبية- موضوع الدراسة:

أولاً: مرحلة تنظيف العناصر الخشبية(الأبواب والشبابيك) موضوع الدراسة:

الغرض الرئيسي من عمليات التنظيف هو إزالة طبقات الغبار والأتساخات والمواد المترسبة والبقع المختلفة والتي تؤدي بدورها إلى تشوية سطح الخشب.

بدأت عملية التنظيف للعناصر الخشبية بالتنظيف الميكانيكي باستخدام الأدوات المختلفة لإزالة الأتربة والإتساخات عن العناصر الخشبية كما هوموضح في الصور .



الصورة (95)



الصورة (96)



الصورة (97)

بعد التنظيف الميكانيكي بدأ التنظيف باستخدام المذيبات، حيث استخدم الداي ميثل فورماميد الذي أعطى أفضل نتيجة في إزالة الدهان القديم والإتساخات المطبقة على العناصر الخشبية موضوع الدراسة.

استخدمت طريقة عمل الكمادات وتغطية الكمادة بورق القصدير وتركها 15 دقيقة كما هو موضح في الصورة رقم(98)، وكذلك استخدمت swap في التنظيف الكيميائي كما هو مبين في الصورة (99)



الصورة (98) تطبيق الكمادة



صورة (99) استخدام swap في التنظيف

صور توضح إزالة طبقة الإتساخات والدهانات



صورة (100) وضع القطن على طبفة الأتساخ والدهان



صورة (101) تشبيع القطن بالمذيب DMF



صورة (102) تغطية الكمادة بورق القصدير



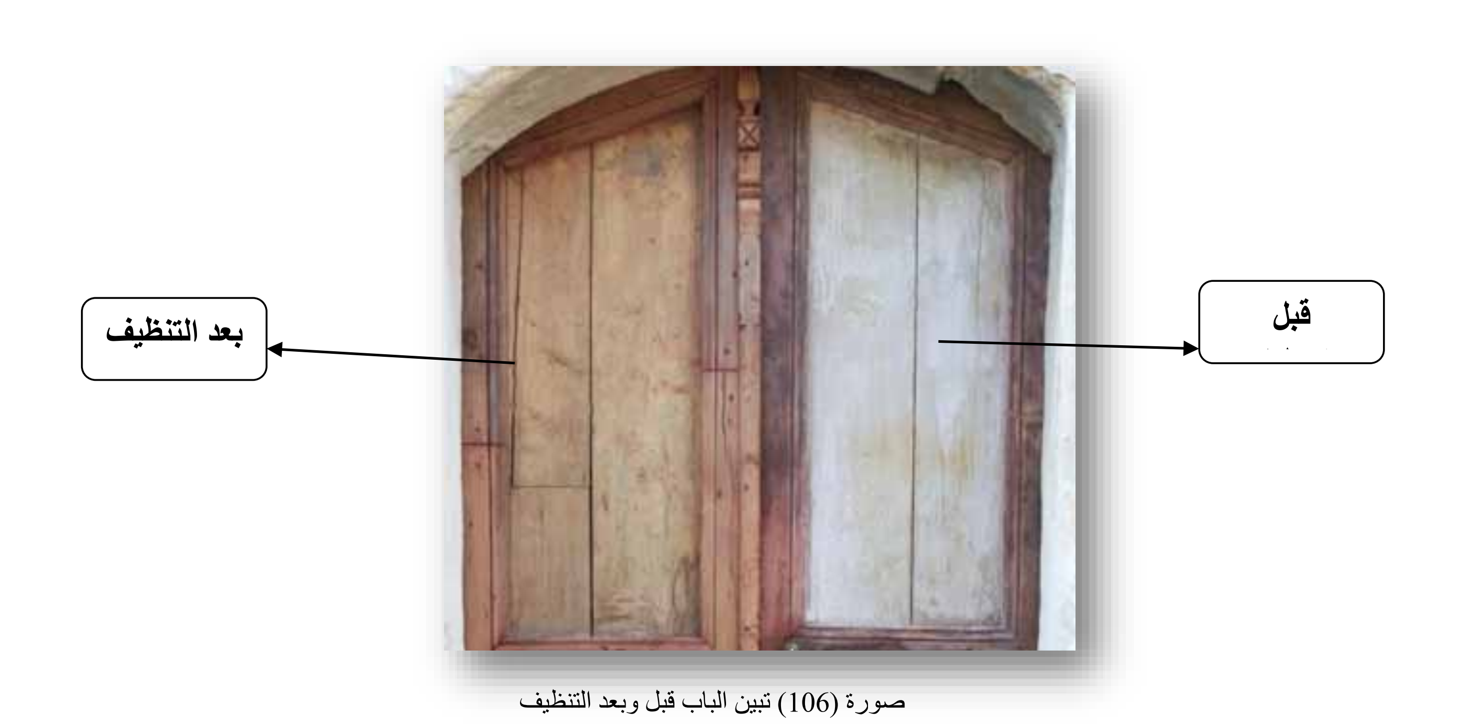
صورة (103) إزالة طبقة الدهان عن سطح الخشب



صورة (104)قبل تنظيف الإتساخات والدهان



صورة (105) بعد التنظيف



صورة (106) تبين الباب قبل وبعد التنظيف

مراحل تنظيف الشباك



الصورة (107) الشباك قبل التظيف



الصورة(108) الجزء المراد تنظيفة



الصورة (109) تطبيق القطن



صورة(110)



صورة (111)

الصور (108،109) نواتج إزالة الإتساخات والدهان باستخدام مادة التنظيف



صور(113) بعد التنظيف



صورة (112) قبل التنظيف

ثانياً: الإستكمال

تمت عملية الإستكمال بإستخدام المواد الطبيعية (شمع وقلفونية بنسبة 1:2 وإضافة نشارة خشب إليها) وذلك لإستكمال الأجزاء الناقصة من الأخشاب في الشبابيك والأبواب، وملء الفجوات والفراغات.



صورة (114)



صورة (115)

(115،114) تقطيع شمع البرافين قطع صغيرة وبرشها



صورة (116)



صورة (117)

صور(117،116) طحن القلفونية حتى تصبح مسحوق



صورة (118) نشارة الخشب

كيفية تحضير مواد الإستكمال:

تقطيع شمع البرافين ووضعه على مصدر لهب حتى ينصهر (117) ، اضافة القلفونية إلية بنسبة 1:2 ثم إضافة نشارة الخشب الناعمة طبقاً للحالة ، واذافة أكاسيد لونية طبقاً للون المستكمل، ويستخدم هذا المركب في صورة لدنه دافئه وليس ساخنه.



صورة (119)



صورة (120)



صورة (121) صب المركب في قالب



صورة (122) تقسيمة إلى أصابع لسهولة استخدامه في الإستكمال

صور توضح وجود الأجزاء الناقصة الفجوات والشروخ والإنفصالات المختلفة في العناصر الخشبية



صورة (123)



صورة (124)



صورة (125)

صور (125،124، 123) انفصالات في الباب الخشبي



صورة (126) تآكل في سطح الخشب



صورة (127) فقدان جزء من الخشب



صورة (128) وجود فجوات في الخشب



صورة (129) شروخ دقيقة



صورة(130) شروخ وانفصالات في الباب



صورة (131) تبين وجود الفجوات

عملية الإستكمال



صورة (132) قبل الإستكمال



صورة (133) بعد الإستكمال



صورة (134) قبل الإستكمال



صورة (135) بعد الإستكمال



صورة (136) وضع الشريط اللاصق



صورة(137) ملء الإنفصال بمادة الإستكمال



الصورة (138) ملء الشروخ واستكمال جزء ناقص



صورة (139) إستكمال جزء ناقص



صورة (140) ملءالشروخ الدقيقة



صورة(141) الفجوات



صورة(142) قبل ملء الإنفصال



صورة (143) بعد ملء الإنفصال

ثالثاً: التعقيم

في هذه المرحلة من العلاج تم عمل غرفة تعقيم كما هوموضح في الصورة رقم (144) والتي استخدم فيها أقراص من المبيد الحشري من نوع Aluminum Phosphide وهومبيد حشري شديد السمية يقتل الحشرات والآفات، يجب توخي الحذر عند إستخدامة وارتداء القفازات والكمامات، وغسل اليدين جيدا حفاظاً على السلامة العامة، واستخدام الثيمول أيضاً.

تمت عملية التعقيم لكل من العناصر الخشبية على حدى، وقد استخدمت غرفت تعقيم قامت الباحثة بإعدادها الصورة (145) .

عمل قضبان من الحديد و استخدام البولي ايثلين لتغطية الأرضية، لتغطية السقف لمنع تسرب المبيد الحشري.



صورة (144)



صورة(145) وضع الباب في غرفة التعقيم



صورة(146) وضع الباب وتغطية البولي ايثلين



صورة (147)



صورة (148)

صور(147،146) وضع أقراص المبيد الحشري



صورة (149) تغطية كاملة للغرفة



صورة (150) وضع الشباك للتعقيم



صورة (151) وضع المبيد للتعقيم

رابعاً: مرحلة التقوية

في هذه المرحلة تم تقوية العناصر الخشبية موضوع الدراسة بمحلول من القلفونية والشمع بمعدل 2:1 المذابين في تراي كلورو إثلين بنسبة 3%، بعد إجراء المعالجة الكاملة للعناصر الخشبية.

تمت عملية التقوية باستخدام محلول من الشمع والقلفونية المذابين في التراي كلورو إثلين بعد أن اثبتت التجارب المعملية التي إجريت على مواد التقوية قبل تطبيقها على العناصر الخشبية موضوع الدراسة انها الأفضل في التقوية بعد ان اختبار القوى الميكانيكية للعينات التي طبقت عليها مواد التقوية المختارة مما أثبت فاعلية مادة التقوية .



صورة (152) تقطيع شمع البرافين



صورة (153) طحن القلفونية



صورة (154) إضافة التراي كلورو إثلين للشمع والقلفونية

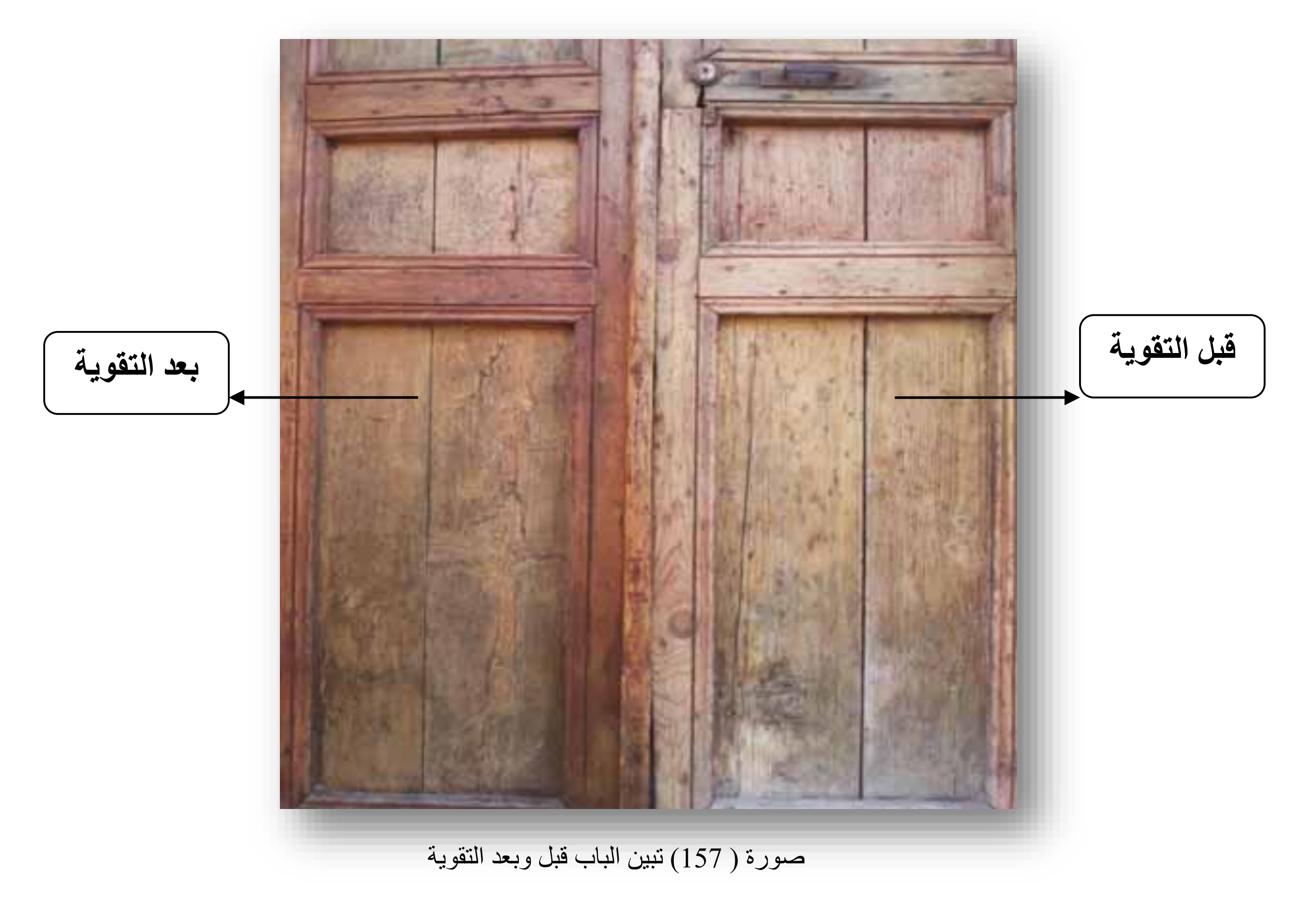
تقوية العناصر الخشبية



صورة (155) قبل التقوية



صورة (156) استخدام الفرشاة في التقوية



صورة (157) تبين الباب قبل وبعد التقوية



صورة (158) تبين الفرق بين الجزء المقوى والغير مقوى



صورة (159) أثناء تقوية الشباك والفرق بين الجزء المقوى والغير مقوى



صورة (160) الفرق قبل وبعد التقوية

تغطية العناصر الخشبية بطبقة عازلة من زيت بذر الكتان

بعد الإنتهاء من عمليات الترميم والعلاج والإستكمال للعناصر الخشبية، فإن المرحلة النهائية من مراحل العلاج هي تغطية السطح الخارجي للخشب بطبقة من أحد الورنيشات أو أحد المواد المستخدمة في التقوية بتركيز أعلى من التركيز المستخدم في التقوية، وذلك لعزل سطح الخشب عن الرطوبة الجوية المحيطة عوامل التلف الأخرى والذي يؤدي إلى حفظ الخشب لأطول فترة ممكنة.

تم استخدام زيت الكتان كدهان على سطح الخشب للعناصر الخشبية لأنه يؤدي إلى تغذية الخشب وحفظه من الجفاف الخشب وعدم تشققه وإعطائه منظر غير جميل، ويجب تجنب استعمال الماء، لأن الخشب يتشرب الماء بسرعة واستعمال الماء يؤثرعلى لون الخشب.

وقد تم استخدام زيت بذر الكتان قبل غلية منفرداً حيث تم حفظه في زجاجة محكمة الإغلاق لحين الحاجة إليه.

تعتمد كمية الزيت المستعملة، على حالة الخشب ومكانه على فكلما كان الخشب أكثر جفافاً توضع كمية أكبر من الزيت ولذلك فإن هذه الطريقة مفيدة جداً للأبواب والشبابيك الخشبية والموجودة في واجهة المبنى لأنها تتعرض للهواء وأشعة الشمس.



صورة (161)



صورة (162)

ا



صورة (163) تغطية الباب بزيت الكتان باستخدام الفرشاة





صورة (164)

صورة (165)

صور (164)، (165) بعد الإنتهاء من تغطيت زيت بذر الكتان



صورة (166) قبل تطبيق زيت الكتان



صورة (167) بعد تطبيق زيت الكتان

صور تبين العناصر الخشبية بعد دهنها بطبقة الجملاكة



صورة (168)



صورة (169)



صور(168،169) بعد الإنتهاء من عملية الدهان



صورة (170) بعد تطبيق الدهان

الصور النهائية للعناصر الخشبية بعد الإنتهاء من عملية العلاج

أولاً : الباب الخشبي



صورة (170) قبل عملية الإعلاج



صورة (171) بعد عملية العلاج

ثانياً: الشباك



صورة (171) قبل عملية الإعلاج



صورة (172) بعد عملية الإعلاج

النتائج Results

احتوت الدراسة موضوع معالجة العناصر الخشبية باستخدام المواد الطبيعية، والدراسات السابقة وملاحظات الباحثة والتطبيق العملي على العناصر الخشبية في المبنى التراثي -موضوع الدراسة- ما يلي:

1- من خلال دراسة العناصر الخشبية في البيوت التراثية تبين أن نوع الأخشاب المحلية المستخدمة لتشيدها هي أخشاب السويد، وان وهذه الأخشاب مستوردة من الخارج.

2- تم حصر مظاهر التلف الموجوده في العناصر الخشبية كما يلي :

- تحول طبقة الدهان على سطح الخشب إلى قشور منفصلة.
- ترسب طبقات كثيفه من الإتساخات فوق سطح الخشب.
- تبين وجود إصابات حشرية لناخرات الأخشاب، وتبين من خلال الفحص البيولوجي وجود انواع من البكتيريا على سطح الخشب وهذه الأنواع هي:

Micrococcus sp-

Staphylococcu sp-

Enterococcus sp-

- ووجد نوع من الفطريات متمثل بفطر Aspergillus Niger .

- بهتان في لون الخشب الطبيعي نتيجة تعرضه لأشعة الشمس.
- وجود بعض العيوب الطبيعية في الخشب مثل وجود العقد والشروخ .
- وجود إنفصالات في ألواح الخشب المكونه للأبواب والشبابيك وكذلك إنفصالات ما بين الشبابيك والحلوق الخشبية على الجدران .

3- بالنسبة لمرحلة التنظيف الكيميائي فقد أثبتت الدراسه التي أجريت أن مادة الداي ميثل فورماميد تعتبر من أفضل المحاليل الكيميائيه التي تستخدم في تنظيف الإتساخات الموجوده فوق سطح الخشب وكذلك

إزالة طبقات الدهان الموجوده على العناصر الخشبية موضوع الدراسة دون إلحاق احداث أي ضرر بمادة الخشب .

4- وبالنسبة لمرحلة التقوية فقد توصل إلى أن أفضل مادة هي الشمع والقلفونيه مذابين في التراي كلوروإثلين.

5- وتمت عملية الإستكمال باستخدام مواد طبيعية تتلائم مع طبيعة الخشب ، وهي شمع البرافين مع القلفونية ونشارة الخشب.

6- حيث أثبت نتائج التحاليل أن اللون الأحمر كان عبارة عن أحمر الهيماتيت وهو أكسيد الحديد Fe_2O_3، وأن الدهان الأبيض عبارة عن أكسيد الزنك ZnO_2.

التوصيـــات Recommendations

تعتبر العناصر الخشبية من العناصر الضرورية وذات أهمية في المباني التراثية ولذلك يجب الإهتمام بها وإجراء أعمال صيانة دورية لمعالجة أي إضطرابات من شأنها إحداث تلف بالعناصر الخشبية وفيما بعض التوصيات التي يوصى بإتباعها لإجراء عملية صيانة وقائية متكاملة للعناصر الخشبية :

1- عمليات الترميم يجب أن تقوم على أسس علمية مدروسة يتوفر فيها الكثير من الإجراءات والاحتياطات العلمية والفنية، على القائميين بترميم العناصر الخشبية ضرورة دراسة مكونات العناصر الخشبية حتى يتسنى لهم إتخاذ قرارات سليمة للعلاج .

2- يوصى باستخدام مادة التنظيف داي ميثيل فورماميد في عملية التنظيف الأتساخات والدهانات المتواجدة على سطح الخشب مع ضرورة الحفاظ على الطبقة الخارجة للاخشاب والتي تحمل الملمس القديم في مرحلة التنظيف الكيميائي .

3- استخدام المواد الطبيعية والتي تتلائم مع طبيعة الخشب حيث يستخدم لتقوية الأخشاب القلفونية وهي مادة طبيعية مع شمع البرافين مذابين في التراي كلورو إثيلين، وفي عملية الإستكمال للجزاء المفقودة والفجوات والفواصل تستخدم عجينة من الشمع والقلفونية ونشارة الخشب في هذه المرحلة.

4- يوصى باستخدام مادة التعقيم الحشري الألمنيوم فوسفيد في عملية التعقيم حيث أنها ذات فعالية كبيرة في التخلص من الحشرات ، يجب عمل صيانة دورية يتم فيها عمل تنظيف ميكانيكي للعناصر الخشبية لكي لا تتراكم طبقات الإتساخات والتلف فوقها .

5- من الضروري أن يتم إجراء تجارب أولية على قطع خشبية جديدة لإختبار أنسب المواد في عملية العلاج .

6- على القائم في عملية العلاج والصيانة أن يضع دراسة تفصيلية لمظاهر التلف الموجودة على الأثر المراد علاجه .

7- من الضروري أن تبذل الجهود في سبيل علاج وصيانة العناصر الخشبية وغيرها من المقتنيات الخشبية للحفاظ على التراث الحضاري .

8- العمل على حماية العناصر الخشبية لأنها جزء من التراث الحضاري من خلال الترميم وإعادة الإستخدام .

قائمة المراجع العربية

1- إبراهيم، حسين محمد

1987 **دراسة ترميم الأخشاب الملونة تطبيقاً على تابوت من العصر اليوناني-الروماني**. جامعة القاهرة، رسالة ماجستير(غير منشرة)،الفيوم، حفائر دير البنات.

2- إبراهيم، حسين محمد

2002 **مبادىء ترميم وصيانة المقتنيات الفنية الأثرية**، القاهرة. الهيئة العامة للكتاب.

3- إبراهيم ، حسين محمد

2007 **أسس ترميم الآثار والمقتنيات الفنية**. القاهرة.

4- إبراهيم ، حسين محمد

2014 **سلسلة محاضرات ترميم معماري 2**، قسم صيانة المصادر التراثية وادارتها. اربد: جامعة اليرموك

5- إبراهيم ، حسين محمد

2014 **سلسلة محاضرات علم الصيانة والترميم**. قسم صيانة المصادر التراثية وادارتها. اربد: جامعة اليرموك

6- إبراهيم، عبدالباقي

1983 توظيف المباني والمناطق الأثرية، **مجلة عالم البناء**- العدد(40).

7- إبراهيم، عبد الباقي

1986 **المدخلات للإرتقاء بالبيئة العمرانية للمدينة- ندوة الإرتقاء بالبيئة العمرانية للمدن**- مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية – دار الشرق.

8- البنا، السيد محمود

1990 دراسة الأسس وقواعد الأجزاء الناقصة من المباني تطبيقاًعلى بعض المباني القديمة في مدينة القاهرة، **مجلة آثار حضارة مصر والشرق**، العدد7.

9- بينونة، دني

1989 **حفظ الأخشاب المتعددة الألوان وترميمها**، دمشق، المعهد الفرنسي للدراسات العربية.

-10 الحجار، صلاح، والقاضي، محمود، وعز الدين، شهرزاد

2003 **الدليل الشامل في تلوث الهواء وتكنولوجيات التحكم**. الطبعة الأولى. القاهرة: الفكر العربي.

-11 الحديدي، نسرين محمد نبيل

1997 **دراسة علاج وصيانة الأخشاب تطبيقاً على تابوتين بالمتحف المصري بكلية الآثار**، قسم ترميم الآثار، جامعة القاهرة، رسالة ماجستير(غير منشورة).

-12 حسن، إبراهيم عبد القادر

1979 **وسائل أساليب ترميم وصيانة الآثار ومقتنيات المتاحف الفنية**، جامعة الرياض.

-13 حواس، زكي

1990 **أمراض المباني كشفها وعلاجها**، طبعة 1 ، مصر عالم الكتب.

-14 حواس، سهير زكي

1995 المشاكل التي تواجه الحفاظ على التراث، **مؤتمر الإتحاد الدولي للمعماريين ULA** ،التراث المعماري وعمارة السياحة الأقصر وأسوان.

-15 حنا، هاني عزيز

1998 **دراسة علمية في علاج وصيانة الأخشاب الأثرية المزخرفة بإسلوب التعشيق والتطعيم** . رسالة ماجستير.

-16 الخطيب، أحمد.

2000 **تلوث الأرضي**. طبعة الأولى. إسكندرية: الشنهابي.

-17 رشيد الدعيجي، عبدالله

1992 **تشريح النبات العلمي** .عمادة شؤوون المكتبات :جامعة الملك سعود

-18 السروجي،عبدالرحمن

1997 **دراسة علاج وصيانة الأيقونات القبطية**.رسالة

-19 السعيد، عبدالله

2004 **صناعة الأخشاب وفنون الأعمال الخشبية**، بيروت، العصر الحديث.

-20 سيد، عبدالوهاب بدر الدين

1995 **تنمية واستثمار الأشجار الخشبية**، الإسكندرية، منشأة المعارف.

-21 شاهين، عبد المعز

1975 طرق صيانة وترميم الآثار والمقتنيات الفنية، مصر، الهيئة العامة للكتاب.

-22 عاطف، مروة

2006 **دراسة تأثير الرطوبة على الاخشاب تطبيقاً على دير الأنبا بضابا بنجع حمادى وطرق علاجها**، رسالة ماجستير(غير منشورة)، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة.

-23 عبدالله، إبراهيم محمد

علاج وصيانة التحف الخشبية :عناصر معمارية- فنية-زخرفية، مصر الإسكندرية.

-24 عبد الحميد، حسام الدين

1984 **المنهج العلمي لعلاج وصيانة المخطوطات والأخشاب والمخطوطات الأثرية**، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة.

-25 عبد الحميد، مدحت عبدالله

2009 **دراسة تجريبية على بعض المواد المستخدمة في تقوية الأخشاب الملونة**، رسالة ماجستير(غير منشورة).

-26 عبد الهادي

1997 **مبادئ ترميم وصيانة الآثار غير العضوية**. جامعة القاهرة: مكتبة نهضة الشرق.

-27 عثمان، خالد عبد الغزير

1999 **التنمية المستخدمة في النطاقات ذات القيمة**، رسالة ماجستير،كلية الهندسة،

-28 العزاوي، عبد الستار

1991 **الترميم والصيانة للمباني الأثرية والتراثية**، المطبعة الإقتصادية، ط1،دبي.

-29 العسيلي، عبد السلام محمد

2006 **سلسلة محاضرات حفروتشكيل وعلاج وصيانة وترميم الأخشاب**، جامعة جنوب الوادي.

-30 العش، فرج نادر

1989 **تكنولوجيا ترميم وصيانة الأبنية ومواد البناء والمقتنيات الأثرية**، دمشق،دار المجد.

-31 العضيبي، ثناء عبدالله

2014 **أشغال الخشب** . عمادة شؤوون المكتبات :جامعة الملك سعود.

-32 عطية، أحمد إبراهيم

2006 **دراسة تعليمية في ترميم المباني والمقتنيات الأثرية**، القاهرة، الدار العالمية للنشر والتوزيع.

-33 عفيفي، حكيم

1984 إعادة إستخدام الآثار الإسلامية بالقاهرة، **المجلة المعمارية**، العدد5.

34- عميري، إبراهيم
ترميم **الخشب والزخارف الملونة**، المديرية العامة للآثار والمتاحف – سوريا.
www.okaz.com
35- عوض، محمد
2002 **ترميم المنشآت الأثرية**، دار النهضة الشرق، ط1 ، القاهرة.
36- غوانمة، يوسف حسن
2011 **المواقع الاثرية والسياحية في الاردن**، مطبعة الشعب.
37- فرغلي، طارق محمد
1993 **المحافظة على بعض معالم التراث في العصر المملوكي العثماني وإحيائها**، رسالة ماجستير(غير منشورة)، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية.
38- قنديل، عزت
2004 **حماية أخشاب المباني والأثاث**، الإسكندرية، منشأة المعارف.
39- قنديل، السيد، وبدران، عثمان
1993 **تقنية الأخشاب**، مطابع الملك سعود، الطبعة الأولى .
40- لقمة، نادية
2005 **علاج وترميم مجموعة التماثيل الخشبية التي عثر عليها بمصطبة كاعبر**، القاهرة، المجلس الأعلى للآثار.
41- ماهر، مصطفى
2011 **دراسة مقارنة لاعمال الترميم بالأسقف الخشبية الملونة في المباني الإسلامية الأثرية خلال النصف الثاني من القرن العشرين ووضع الحلول المناسبة للعلاج مع التطبيق على أحد النماذج المختارة**، رسالة ماجستير(غير منشورة)،قسم الترميم، كلية الآثار،جامعةالقاهرة.
42- محمد، رغد مفيد
1996 **ثقافة المجتمعات وعمران المناطق ذات القيمة التراثية**، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

-43 محمود، حسن إبراهيم

2000 **الأخشاب والخواص التشريحية والكيميائية**، الإسكندرية، جامعة الإسكندرية .

-44 همجاد، سامي سيد

2003 **منهجية إعادة توظيف المباني الآثرية**، رسالة ماجستير(غير منشورة)، كلية الهندسة، جامعة عين شمس.

-45 سعود، اندراوس

2000 **مواد البناء** ، سوريا: جامعة دمشق

-46 عطية، أحمد إبراهيم

2003 **تكنولوجيا المواد وصيانة المباني الاثرية**، ط1. القاهرة: دار الفجر للنشر والتوزيع

قائمة المراجع الإنجليزية

1- Blanchette, R., Haight, E

*Assessment. Of deterioration in Archaeological Wood from Ancient Egypt****, JAIC,*** 1994, VOL., 30, N, I, PP. 55.

.2- Browning, B. L

"**The chemistry of wood", Inter science publishers**, New York, 1963

.

3- Blasi, L., et al

Analysis of statical Behavior of the Arch of Constantine in Rome, SCSM, ICCROM, Rome, 1990

4- Chizheve T.D

"The conservation and restoration of easel paining" in the conservation of cultural property UNESCO; Roma; Italy; 1976.

5- Cronyn, J.M.,

"***The elements of archaeological conservation" Contributions on marine material by W.S Robinson***, Routledge, New York, 1996.

6- C.Wayne Smith

Archaeological Conservation Using Polymers,Library of Congress Cataloging-in-Publication Data,Texas A&M University Anthropology Series,2003.

7- Dodd,R.

"Review of Wood Anatomy",Journal of Wood Conservation ,vol.I ,no.I,The Conservation Technology Group,U.S.A., 1985.

8- Donny L. Hamilton

Methods of Conserving Archaeological Material

from Underwater Sites, 1991.

9- Drsj.ffeenstro

Culturalproperty and air pollution damage monuments archives and building due to air pollution, Nether lands, 1984.

10- Eaton,R.A.and Hale, M.D.C

"**Wood Decay,Pests and Protection**",Champan and Hall,London,1993

11- Feist. L. W.

"Out door wood wheathering and protection" in Rowell and preservation American chemical Society Washington D.C 1990.

12- Florian, E. M

"Deterioration of organic materials other than wood", in "Conservation of marine archaeological objects", Butter worths, Oxford, London, 1987.

13- Frank, M. Howie

The Care and conservation of geological materials, Butterworth Ltd,.. Giuseppe Fanfoni,La Madrasa Di SunqurSaadi E Il MuseoMevlevi ,1992.

14- Forsyth, Michael

Structures and construction in historic building Conservation, Department of Architecture and Civil Engineering University of Bath , Blackwell Publishing, 2007.

15- Hachfield and Richard new man

"***Ancient Egyptian gilding methods" Gilding conservation symposium***, Philadelphia museum of art, 1986

16- Kleiner, L.,

"***Ancient Binding Media, Varnishes and adhesives***" translated by Bridgland, J., et al, ICCROM, Rome, 1995.

17- Nilsson,T. Daniel,G.

"**Structure and the A ging Process of Dry Archaeological Wood"**, **Archaeological Wood**, Advan ce in Chemistry , Series 225, the American Chemical Society, Washington DC,1990.

18- M. Christensen, F. K. Hansen and H. Kutzke

New materials used for the consolidation of archaeological wood -past attempts, present struggles, and future requirements, University of Oslo

19- Moncrieff, A. and Weaver, G.,

"***Cleaning***" the Conservation unit of the museums and galleries commission, Routledge, New York, 1996.

20- Plester, J.,

"***Ultramarine blue natural and artificial***" Studies in Conservation, May 1966

21- **Preserving and Restoring Furniture Coatings**.

22-Ramer, B.:

The technology, Examination and conservation of the Fayum portraits in the Petrie museum, studies in conservation, 1997.

23- Thomson,G.

"**The Museum Environment**", I.I.C., Butterworth Series, London, 1978.

24- Unger.A ,Schniewind.A.P. , Unger .W

"***Conservation of wood Artifacts***" Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2001

25-UZIELLI, LUCA

Wood science for conservation of cultural Heritage, FIRENZE UNIVERSITY PRESS, 2009.

26- Walker,J.

"Primary Wood Processing", Chapman and Hall, London,1993.

27-Werner, A.

"***The conservation of leather, wood, bone, Ivory, and Archival Materials***" in "The conservation of cultural property" UNESCO, 1979.

28- Wermuth, J. A,

Simple and integrated: "***Consolidation systems for degraded wood***" in Rowell, R. M and Barbour R. T Archaeological wood, properties chemistry and preservation. American chemical society, Washington D. C, 1990.

29- Zabel, R. A and Morrell. J

"Wood Microbiology decay and its prevention" Academic press Inc, 1992.

30. The Getty conservation institute

1987 *Conservation of Wall Paintings*. Editor Sharou Cather.

http://www.arab-ency.com